

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN  
TE AMSTERDAM

---

PROCEEDINGS

VOLUME XXXVI

No. 7

President: J. VAN DER HOEVE

Secretary: B. BROUWER

---

---

CONTENTS

- P. ZEEMAN and J. DE GIER: "Second preliminary note on some experiments concerning the isotope of hydrogen", p. 716. (With one plate).
- F. A. H. SCHREINEMAKERS: "Stationary, checked and other states of osmotic systems". II, p. 717.
- T. L. DE BRUIN: "The spectrum of doubly ionized. Argon, *A III*". (Communicated by Prof. P. ZEEMAN), p. 724.
- R. W. VAN BEMMELEN: "Versuch einer geotektonischen Analyse Südostasiens nach der Undationstheorie". (Communicated by Prof. G. A. F. MOLENGRAAFF), p. 730.
- R. W. VAN BEMMELEN: "Versuch einer geotektonischen Analyse Australiens und des Südwestpazifik nach der Undationstheorie". (Communicated by Prof. G. A. F. MOLENGRAAFF), p. 740.
- M. J. DIJKMAN: "A Quantitative Analysis of the Geotropical Curvature in Dicotyledons". (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT), p. 749.
- H. G. VAN DER WEIJ: "On the occurrence of growth substance in marine algae". (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT), p. 759.
- H. G. VAN DER WEIJ: "Über Wuchsstoff bei *Elaeagnus angustifolius*". (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT), p. 760.

**Physics.** — *Second preliminary note on some experiments concerning the isotope of hydrogen.* By P. ZEEMAN and J. DE GIER.

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

FURTHER<sup>1)</sup> photos were made with a mixture of 3 cc hydrogen, containing, according to estimation, 10 %  $H^1H^2$ , which was kindly given us for the analysis by Prof. KEESOM at Leiden.

Fig. 1 on the left shows us a photo made with the 3 % mixture, on the right a photo made with the 10 % mixture.

In consequence of variations of tension some parabolas on the left are somewhat less sharp.

The lefthand photo was exposed considerably longer than the righthand one, where the time of exposition was  $\frac{3}{4}$  hour. Besides in a relative greater intensity of the parabolas 3, 4, and 5, the improvement of concentration manifests itself in the appearance of a new parabola with  $\frac{m}{e}=6$ , which is to be ascribed to an  $(H_3^2)^+$ ion. So that now the hydrogen "spectrum" is complete.

Besides, a parabola with  $\frac{m}{e}=20$  was found. The explanation of this becomes clear when we bear in mind that the water vapour in the discharge tube, which is never entirely to be avoided, readily gives rise to  $OH_3^+$ ions, which appears from the presence of a parabola  $\frac{m}{e}=19$  in photos with natural hydrogen. As in such pictures  $\frac{m}{e}=20$  was always absent, it must be ascribed to an  $(OH_2^1H^2)^+$ ion.

FURTHER is noteworthy the greater intensity of the parabolas 14, 28, 29, and 30 on the right, compared with those on the left. This shows the presence of nitrogen as contamination. This is the more plausible, as it has not been tried to purify the mixture.

The parabolas 5 and 6 are of importance for the comparison of the mass of the hydrogen isotopes with that of the "light" atoms<sup>2)</sup>.

Moreover the parabolas 5 and 6 enable us to determine the concentration of the mixture in first approximation in a very simple way from a single photo.

<sup>1)</sup> See P. ZEEMAN and J. DE GIER, These Proc. Amsterdam XXXVI 1933, footnote on page 610.

<sup>2)</sup> In the meantime determinations with this are already being made: K. T. BAINBRIDGE: Phys. Rev. July 1st 1933, p. 56, 57.

P. ZEEMAN and J. DE GIER: SECOND PRELIMINARY NOTE ON SOME  
EXPERIMENTS CONCERNING THE ISOTOPE OF HYDROGEN.

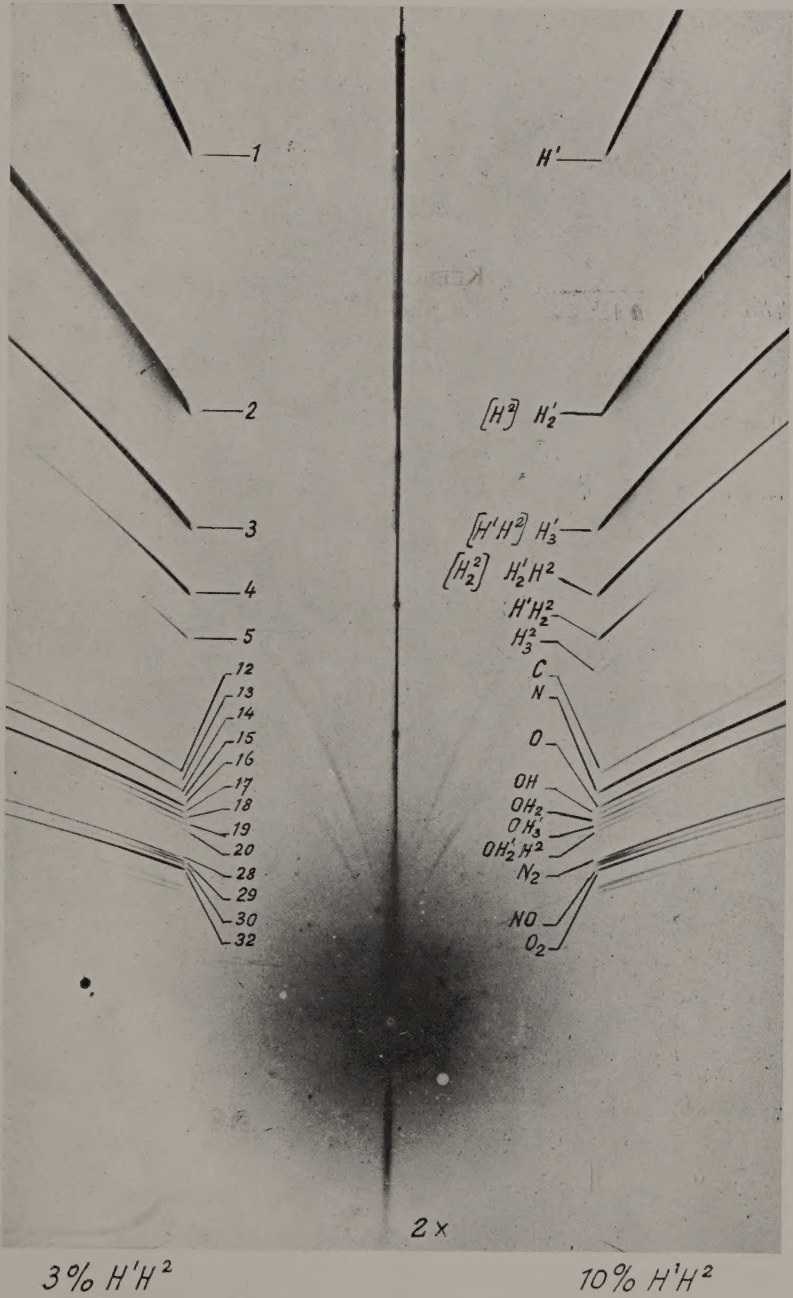


Fig. 1.







When the variable liquid  $L$  of (1) also contains non-diffusing substances, then of course they will still be found in the stat. liquid of (2); of course these non-diffusing substances may be the same as those of the liquids  $i_1$  and  $i_2$ , but they may also be different; besides it is possible that either of these liquids  $i_1$  and  $i_2$  or both do not contain non-diffusing substances.

We now represent this stationary state by:

$$\text{inv } i_1 \Big|^{M_1} \text{stat } L (d + d_1 + d_2 + n) \Big|^{M_2} \text{inv } i_2 . . . . . (3)$$

in which we have indicated that the stat. liquid contains:

$d$  diffusing substances, which may pass through each of the two membranes.

$d_1$  diffusing substances, which may pass only through the membrane  $M_1$ .

$d_2$  diffusing substances, which may pass only through the membrane  $M_2$ .

$n$  non-diffusing substances.

First we are now going to consider some special cases of (3).

A. If we put  $d_1=0$   $d_2=0$  and  $n=0$ , we get

$$, \quad \text{inv } i_1 \Big|_{\omega_1}^{M_1} \text{stat } L (d) \Big|_{\omega_2}^{M_2} \text{inv } i_2 . . . . . (4)$$

in which each of the  $d$  substances present may pass through both membranes. If, for the sake of concentration we take the three substances Water,  $X$  and  $Y$ , we may represent (4) by

$$\text{inv } i_1 \Big|_{\omega_1}^{M_1} \text{stat } L (W + X + Y) \Big|_{\omega_2}^{M_2} \text{inv } i_2 . . . . . (5)$$

The quantity of water, diffusing per sec. through 1 cM<sup>2</sup> of the membrane  $M_1$  depends upon the composition of the liquids  $i_1$  and  $L$  and on their pressures  $P_1$  and  $P$ . We represent this quantity by  $\varphi_{1.w}(i_1 L P_1 P)$  which function of course besides contains the magnitudes determining the nature of the membrane  $M_1$ ; the indices 1 and  $w$  indicate that this function obtains for the membrane  $M_1$  and the substance  $W$ . If we represent the quantities of  $X$  and  $Y$ , diffusing per sec. through 1 cM<sup>2</sup> of the membrane  $M_1$  in a similar way, we have the 3  $M$ -functions

$$\varphi_{1.w}(i_1 L P_1 P) \quad , \quad \varphi_{1.x}(i_1 L P_1 P) \quad \text{and} \quad \varphi_{1.y}(i_1 L P_1 P) . . . (6)$$

which we shall call membranes- or  $M$ -functions.

For the quantities of  $W$ ,  $X$  and  $Y$  diffusing per sec. through 1 cM<sup>2</sup> of the membrane  $M_2$  we have the three  $M$ -functions:

$$\varphi_{2.w}(i_2 L P_2 P) \quad , \quad \varphi_{2.x}(i_2 L P_2 P) \quad \text{and} \quad \varphi_{2.y}(i_2 L P_2 P) . . . (7)$$

which besides contain the magnitudes, determining the nature of the membrane  $M_2$ .

As we can represent the composition of liq.  $L$  by

$$x \text{ gr } X + y \text{ gr } Y + (1-x-y) \text{ gr } W . . . . . (8)$$



this will contain the 2 variables  $x$  and  $y$ ; so each of the  $M$ -functions contains the 3 variables  $x$ ,  $y$  and  $P$ .

For the sake of concentration we now shall assume that the sign of an  $M$ -function has been chosen in such a way that it is positive when the substance is taken in by liq.  $L$  and negative when it is given off by liq.  $L$ . The quantities of  $X$ ,  $Y$  and  $W$  taken in per sec. by liq.  $L$  then are:

$$\omega_1 \varphi_{1.x} + \omega_2 \varphi_{2.x}, \quad \omega_1 \varphi_{1.y} + \omega_2 \varphi_{2.y} \quad \text{and} \quad \omega_1 \varphi_{1.w} + \omega_2 \varphi_{2.w} \quad (9)$$

in which the letters of (6) and (7) placed between parentheses have been omitted. Now liquid  $L$  will not change its composition any longer when

$$\frac{\omega_1 \varphi_{1.x} + \omega_2 \varphi_{2.x}}{x} = \frac{\omega_1 \varphi_{1.y} + \omega_2 \varphi_{2.y}}{y} = \frac{\omega_1 \varphi_{1.w} + \omega_2 \varphi_{2.w}}{1-x-y} \quad (10)$$

is satisfied. These equations namely express that liq.  $L$  takes in (or gives off) the quantities of  $X$ ,  $Y$  and  $W$  in the same ratio in which they are present already in liq.  $L$ ; it is clear that the composition then will not change any more.

In (10) we now have 2 relations between the 3 variables  $x$ ,  $y$  and  $P$ ; if we now keep this pressure  $P$  constant, then  $x$  and  $y$  (viz. the composition of liquid  $L$ ) have been determined. Besides it appears from this that during the further osmosis the quantity of the stat. liquid still is increasing or decreasing continuously. As these considerations obviously obtain not only for system (5), but also for (4), we now represent them by

$$\begin{array}{ccc} M_1 & & M_2 \\ \text{inv } i_1 \left| \begin{array}{c} \text{stat. } L(d) \\ P = \text{const. } \Delta m \geq 0 \end{array} \right. & & \text{inv } i_2 \dots \dots \dots \\ \omega_1 & & \omega_2 \end{array} \quad (11)$$

in which we have indicated that the pressure  $P$  has been taken constant and that the quantity  $m$  of the stat. liquid may increase as well as decrease. It now follows from (10) that the composition of this stat. liquid depends upon:

1. the composition of the inv. liquids  $i_1$  and  $i_2$  and their pressures  $P_1$  and  $P_2$ ;
2. the nature of the two membranes and the ratio  $\omega_1 : \omega_2$  of their surfaces;
3. the constant pressure  $P$  of the stationary liquid.

Further it appears that the composition of the stat. liquid is independent of the composition the variable liquid has at the beginning of the osmosis <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> For a closer consideration of the paths along which the var. liquid can travel during the osmosis and for some experimental examples comp.

F. A. H. SCHREINEMAKERS, These Proceedings 34, 346 and 827 (1931).

F. A. H. SCHREINEMAKERS and J. P. WERRE, Rec. Trav. Chim. Pays-Bas 51, 51, (1932).

F. A. H. SCHREINEMAKERS and H. H. SCHREINEMACHERS, These Proceedings 35, 1241, (1932), and 36, 629, (1933).

We now imagine the var. liquid closed up in a space with unstretchable or elastic walls <sup>1)</sup>; we represent this by

$$\text{inv } i_1 \quad \boxed{L(d)} \quad \text{inv } i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Just as in Comm. I we again shall call this space a cell. If we now leave this system alone, liquid  $L$  will change its composition and quantity so that the pressure within the cell and its volume will change also. At a certain moment of the osmosis, however, a stationary state will occur, during which the composition and the pressure remain unchanged. As the volume of the cell will now also remain constant, liquid  $L$  through the one membrane must take in as much of each of the substances as it gives off through the other membrane. Then

$$\omega_1 \varphi_{1.x} + \omega_2 \varphi_{2.x} = 0 \quad \omega_1 \varphi_{1.y} + \omega_2 \varphi_{2.y} = 0 \quad \omega_1 \varphi_{1.w} + \omega_2 \varphi_{2.w} = 0 \quad (13)$$

must be satisfied.

As we now have 3 equations between  $x$ ,  $y$  and  $P$ , the composition and the pressure of the stat. liquid have been determined; we shall call this pressure the stationary pressure. We now represent this stationary state by:

$$\begin{array}{ccc} M_1 & & M_2 \\ \text{inv } i_1 & \boxed{\begin{array}{c} \text{stat. } L(d) \\ P = \text{def.} \quad m = \text{def.} \end{array}} & \text{inv } i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ \omega_1 & & \omega_2 \end{array} \quad (14)$$

in which we have indicated that the pressure  $P$  as well as the quantity  $m$  have now been determined.

The composition and the pressure of this stationary liquid now depends upon:

1. the composition and the pressure of the liquids  $i_1$  and  $i_2$ .
2. the nature of the two membranes and the ratio  $\omega_1 : \omega_2$  of their surfaces.

If one or both membranes of (14) can stretch under the pressure, then  $\omega_1$  or  $\omega_2$  or both are also functions of  $P$ . To this should be added besides that now in consequence of the stretching also the permeability can change; what was said sub 2 then will obtain only for the nature and the ratio  $\omega_1 : \omega_2$  as they are in the stationary state.

B. We now take the osmotic system

$$\text{inv } i_1 \mid m \times \text{stat } L(d+n) \mid \text{inv } i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

in which  $m$  quantities of a stationary liquid, consisting of  $d$  substances,

<sup>1)</sup> For equilibria in systems with elastic walls comp. F. A. H. SCHREINEMAKERS, These Proceedings 36, 285, (1933).



which can diffuse through the two membranes and  $n$  non-diffusing substances <sup>1)</sup>. If, for the sake of concentration we take the diffusing substances  $W$ ,  $X$  and  $Y$  and the non-diffusing substances  $Z$  and  $U$ , we have the system

$$\text{inv } i_1 \mid m \times \text{stat } L (W + X + Y + \overline{Z} + \overline{U}) \mid \text{inv } i_2 . \quad (16)$$

in which the small dashes placed over  $Z$  and  $U$  indicate that they do not diffuse. As we can represent the composition of this liquid  $L$  by

$$x X + y Y + z Z + u U + (1 - x - y - z - u) W . \quad (17)$$

it only contains 4 variables; if besides we add the quantity  $m$  and the pressure  $P$ , there will be 6 variables.

As the total quantity of each of the non-diffusing substances  $Z$  and  $U$  cannot change, we represent them by  $z_0$  and  $u_0$ . We then have:

$$m z = z_0 \quad \text{and} \quad m u = u_0 . \quad (18)$$

As the stationary liquid contains non-diffusing substances, it is clear that its composition will only stop changing when its  $X$ -,  $Y$ - and  $W$ -amount remains constant; so of each of the substances  $X$ ,  $Y$  and  $W$  as much must be taken in by the one membrane as has been given off by the other. Consequently the 3 equations (13) must be satisfied. So we now have 5 relations between the 6 variables  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$ ,  $m$  and  $P$ . If we now keep the pressure  $P$  constant, then the other variables viz. the quantity  $m$  and the composition of the stat. liquid have been completely determined.

As these considerations obtain not only for system (16), but also for (15), we now represent them by

$$\begin{array}{ccc} M_1 & & M_2 \\ \text{inv } i_1 \mid & m \times \text{stat } L (d + n) & \mid \text{inv } i_2 \\ & P = \text{const.} \quad m = \text{def.} & \\ \omega_1 & & \omega_2 \end{array} \quad (19)$$

in which we have indicated that the pressure  $P$  has been taken constant and that the quantity  $m$  of the stat. liquid is completely defined. From this it appears that the quantity  $m$  and the composition of the stationary liquid depend upon:

1. the composition and pressure of the liquids  $i_1$  and  $i_2$ ;
2. the nature of the two membranes and the ratio  $\omega_1 : \omega_2$  of their surfaces;
3. the constant pressure  $P$  of the stat. liquid;
4. the quantity of each of the non-diffusing substances.

We now imagine the stat. liquid of system (16) closed up in a cell; we

<sup>1)</sup> For equilibria in systems, in which non-diffusing substances may occur also, comp. F. A. H. SCHREINEMAKERS, These Proceedings 35, 1038, 1131, 1235 (1932), 36, 285 (1933).

shall call it system (16a). If we represent the volume of 1 quantity of liquid  $L$  by  $v$ , then the volume of the cell will be  $mv$ .

We shall first assume now that the membranes and the walls of the cell are unstretchable, so that the cell has a constant volume  $V$ , we then have:

$$mv = V. \quad (20)$$

As  $v$  is a function of the pressure  $P$  and the composition ( $x, y, z$  and  $u$ ), (20) represents a relation between the 6 variables.

If, however, the cell is elastically stretchable,<sup>1)</sup> then a relation will exist between the volume  $V$  and the pressure within the cell, which we represent by

$$\varphi(P, V) = 0. \quad (21)$$

Here we assume that the volume of this cell under a definite pressure  $P$  is known. As  $V = mv$ , this also represents a relation between the 6 variables.

As of course the same 5 equations [viz. the 2 eq. 18 and the 3 eq. 13] obtain for this system (16a) besides, we now have 6 equations between the 6 variables  $x, y, z, u, m$  and  $P$ ; the quantity  $m$ , the pressure  $P$  and the composition of the stat. liquid have consequently been determined.

As these considerations obtain not only for system (16a), but have general significance, we represent this stationary state by:

$$\begin{array}{ccc} M_1 & & M_2 \\ \text{inv } i_1 & \boxed{\begin{array}{c} m \times \text{stat. } L(d+n) \\ P = \text{def.} \quad m = \text{def.} \end{array}} & \text{inv } i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22) \\ \omega_1 & & \omega_2 \end{array}$$

in which we have indicated that the pressure and the quantity  $m$  of the stationary liquid are defined.

The quantity  $m$ , the pressure and the composition of this stat. liquid now depend upon:

1. the composition and the pressure of the liquids  $i_1$  and  $i_2$ ;
2. the nature of the two membranes and the ratio  $\omega_1 : \omega_2$  of their surfaces;
3. the quantity of each of the non-diffusing substances;
4. the volume of the cell, that is to say the elasticity of the membranes and walls and its volume under a given pressure (e.g. at the beginning of the osmosis).

Of course these results obtain also for the special case that only water diffuses ( $d=1$ ); in every cell of the tissues discussed in Comm. I the

<sup>1)</sup> For equilibria in systems with elastic walls, comp. F. A. H. SCHREINEMAKERS l.c.

stat. liquid will consequently also have a definite pressure and composition, which may vary, however, from cell to cell.

C. For the general system

$$\text{inv } i_1 \mid m \times \text{stat. } L(d + d_1 + d_2 + n) \mid \text{inv } i_2 \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

now obtains, as the reader can easily deduce:

1. when  $n=0$ , the same as for systems (11) and (14);
2. when  $n \neq 0$ , the same as for system (19) and (22).

whereby, however, we have to bear in mind that in the special case that  $d=0$ , the stationary state is independent of the ratio  $\omega_1 : \omega_2$ ; I shall refer to this later on.

D. Now we shall say that a liquid is "enclosed" when it has been closed up in a cell, viz. in a closed space, as has been discussed above for system (22), in other cases we shall say that the liquid is "open". This is the case e.g. when a liquid is in an open container or in a space, shut off by a movable piston, on which a constant pressure is brought to bear from the outside.

If we now imagine to be given:

- a. the compositions and pressures of the inv. liquids;
- b. the nature and the ratio of the surfaces of the membranes;
- c. of a liquid, containing non-diffusing substances, also these quantities,

then we can summarise the preceding results in the following way:

1. when a stat. liquid is enclosed, its quantity, pressure and composition are completely defined (Syst. 14 and 22);
2. when a stat. liquid is open and is under a constant pressure, we distinguish 2 cases, namely:

- a. if this liquid contains one or more non-diffusing substances, its quantity and composition are completely defined (Syst. 19);
- $\beta$ . if this liquid only contains diffusing substances, its composition is defined indeed, but its quantity will increase or decrease continuously and will only accidentally remain constant (Syst. 11).

From this we see that the quantity of a stationary liquid can increase or decrease continuously only then when it is "open" and contains diffusing substances only; every other stat. liquid (open or enclosed) does not change its quantity.

(To be continued.)

Leiden, Lab. of Inorganic Chemistry.



Physics. — *The spectrum of doubly ionized Argon, A III.* By T. L. DE BRUIN. (Communicated by Prof. P. ZEEMAN.)

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

*Introduction.*

Some years ago in 1927 the investigation of the spectral structure of the neutral and ionized atoms of the rare gases was placed on the program of the spectroscopic work in the laboratory "Physica". At that time only the spectral structure of neutral *Neon, Ne I* and neutral *Argon, A I* was known by the beautiful analyses of PASCHEN and MEISSNER<sup>1)</sup>. A part of the program was done in cooperation with the spectroscopic section of the Bureau of Standards at Washington. As result the analysis of the neutral *Krypton Kr I*<sup>2)</sup> and neutral *Xenon, Xe I*<sup>3)</sup> have been published. Now it can be said that the spectra of the neutral atoms of the rare gases belong to the best known complex spectra.

Concerning the spectra of the singly ionized atoms the author has published the analysis of the *Ne II*<sup>4)</sup> and *A II*<sup>5)</sup> spectra. The analysis of the *Kr II* spectrum is done in cooperation with the Bureau of Standards and will be published shortly<sup>6)</sup>. At the laboratory "Physica" the ZEEMAN effect of the *Ne II*<sup>7)</sup>, *A II*<sup>8)</sup> and *Kr II*<sup>9)</sup> spectrum has been studied extensively. In the *Xe II* spectrum only the first regularities have been found<sup>10)</sup>.

Concerning the spectra of the doubly ionized atoms the author has already published his results about the *Ne III* spectrum<sup>11)</sup>. A start with

---

1) PASCHEN : Ann. d. Phys. 60, 405, 1919 ; 63, 201, 1920. MEISSNER : Zs. f. Phys. 37, 238, 1926 ; 39, 172, 1926 ; 40, 839, 1927.

2) MEGGERS, DE BRUIN and HUMPHREYS : Xe. I, Bur. of Stand. Journ. Res. 3, 129, 1929. Vol. 7, 643, 1931. MEGGERS and HUMPHREYS : Bur. of Stand. Vol. 10, 427, 1933.

3) MEGGERS, DE BRUIN and HUMPHREYS : Xe. I, Bur. of Stand. Vol. 3, 731, 1929. MEGGERS and HUMPHREYS : Bur. of Stand. Vol. 10, 139, 1933.

4) DE BRUIN : Ne II, Proc. R. S. Amsterdam, 31, 1, 2, 1927. Versl. Kon. Ak. 37. N<sup>o</sup>. 3, 340, 1928. Zs. f. Phys. 44, 157, 1927 ; 46, 856, 1928 ; 69, 19, 1931.

5) DE BRUIN : Proc. R. S. Amsterdam, 31, N<sup>o</sup>. 7, 771, 1928 ; 33, N<sup>o</sup>. 2, 198, 1930. Versl. Kon. Ak. N<sup>o</sup>. 3, 340, 1928. Zs. f. Phys. 48, 62, 1928 ; 51, 108, 1928 ; 61, 307, 1930.

6) DE BRUIN, HUMPHREYS and MEGGERS : Kr. II, Bur. of Stand. Vol. 11, 409, 1933.

7) BAKKER : Proc. Amsterdam, 32, 515, 1929. DE BRUIN and BAKKER : Zs. f. Phys. 69, 19, 1931.

8) BAKKER, DE BRUIN and ZEEMAN : Proc. Amsterdam, 37, N<sup>o</sup>. 8, 840, 1928. Zs. f. Phys. 52, 299, 1928. BAKKER and DE BRUIN : Zs. f. Phys. 62, 32, 1930.

9) BAKKER and ZEEMAN : Proc. Amsterdam, 32, 565, 1931. BAKKER and DE BRUIN : Zs. f. Phys. 69, 36, 1931.

10) MEGGERS, DE BRUIN and HUMPHREYS : Bur. of Stand. Vol. 6, 287, 1931.

11) DE BRUIN : Proc. Amsterdam, 35, N<sup>o</sup>. 6, 819, 1932. Zs. f. Phys. 77, 505, 1932.

the analysis of the *A III* spectrum was made some years ago during the investigation of *A II*, but only the most important multiplets were found. The apparatus used at that time (2 m. grating) did not allow to resolve the finer structure (f.i.  $5P^5D$ ) and did not record lines farther in the ultra violet. Up to the present no good wavelength measurements are available. Now we have repeated our early experiments with a HILGER E. I. quartz spectrograph and we have compiled a large list of spark lines belonging to the higher stages of ionisation *A III*, *A IV*, *A V* going down to  $\lambda$  1900 Å. In the ultra violet the spectra are very rich in lines and below  $\lambda$  3000 Å practically within every *A* appear one or more spark lines. This paper deals with the main terms and multiplets in the *A III* spectrum. At another place we will publish a more extensive analysis.

### Experimental arrangements.

In this investigation the same apparatus has been used as in the early work on *Ne III*. The observations are also made "end on". The presence of a selfinduction in the discharge changes the intensity and character of the lines considerably and by this means it was possible to separate the several stages of ionisation.

### Theoretical structure of the spectrum.

According to the theory the spectrum of doubly ionized Argon, *A III* should be similar to that of neutral Sulfur, *S I*<sup>1)</sup> and that of singly ionised chlorine, *Cl II*<sup>2)</sup> which have already been elucidated at certain extend. The most prominent terms to be expected may be represented in the usual way by the following table 1.

TABLE 1. Argon III.

Electronic configuration								Symbol	Basicterm $^4S$		Basicterm $^2D$		Basicterm $^2P$	
1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p		Quintet	Triplet	Triplet	Singulet	Triplet	Singulet
2	2	6	2	4				$s^2 p^4$		P				
2	2	6	2	3	1			$s^2 p^3. 3d$	D	D	GFDPS	GFDPS	FDP	FDP
2	2	6	2	3		1		$s^2 p^3. 4s$	S	S	D	D	P	P
2	2	6	2	3			1	$s^2 p^3. 4p$	P	P	FDP	FDP	DPS	DPS

### Analysis of the spectrum.

The first step in the analysis was the identification of the strong triplet around  $\lambda$  3300 as the  $4s\ 5S_2-4p\ 5P_{321}$  combination. This is easily done

<sup>1)</sup> FRERICHs : Zs. f. Phys. 80, 150, 1933.

<sup>2)</sup> KIESS and DE BRUIN : Bur. of Stand. in press.

by the irregular doublet law. It may also be worth while to compare the main lines in the spectra of *Ne III*, *A III* and *Kr III*. These combinations are collected in table 2.

TABLE 2.

	$n^5P_3$	$\Delta\nu$	$n^5P_2$	$\Delta\nu$	$n^5P_1$	$n^3P_2$	$\Delta\nu$	$n^3P_1$	$\Delta\nu$	$n^3P_0$
<i>Ne III</i>	40 2590.04 38597.91	52.98	30 2593.60 38544.93	30.88	20 2595.68 38514.05	30 2677.90 37331.62	10.32	25 2678.64 37321.30		
	25 3285.85 30424.79		20 3301.88 30277.09		15 3311.25 30191.42	8 3511.12 28472.82		6 3514.18 28448.04		5 3509.33 28487.35
<i>A III</i>	300 3245.69 30801.23	741.44	200 3325.75 30059.79	134.77	150 3351.93 29825.02	200 3507.42 28502.86	454.29	100 3564.23 28048.57		?
<i>Kr III</i>										

TABLE 3.

	$4p^5P_3$	$4p^5P_2$	$4p^5P_1$		$4p^3P_2$	$4p^3P_1$	$4p^3P_0$
$5s^5S_2$	25 2177.22 45915.59	20 2170.23 46063.57	15 2166.19 46149.25	$5s^3S_1$	15 2302.17 43423.88	10 2300.85 43448.80	6 2302.92 43409.75
$4d^5D_4$	12 2423.93 41242.78			$4d^3D_3$	15 2317.47 43137.20		
$4d^5D_3$	6 2424.27 41237.00	7 2415.61 41384.82		$4d^3D_2$	10 2319.37 43101.89	12 2318.04 43126.62	
$4d^5D_2$	2 2424.49 41233.25	4 2415.84 41380.88	4 2410.80 41467.39	$4d^3D_1$	2 2318.35 43120.85	9 2317.00 43145.97	10 2319.13 43106.45
$4d^5D_{10}$		3 2416.00 41378.14	5 2411.01 41463.77				



In this table  $n=3, 4$  and  $5$  in the case of *Ne III*, *A III* and *Kr III*<sup>1)</sup>. In *Ne III* the  $^3P_0$  is not separated from  $^3P_2$ . In *A III* the  $4p\ ^3P$  is partially reversed. In *Kr III*  $5p\ ^3P_0$  is not yet detected. Also in the  $^5P$  term the coupling changes from *Ne III* to *Kr III*. In *A III* the  $4p-5s$  combinations fall in the ultra violet. Two prominent groups are at  $\lambda\ 2415$  and  $\lambda\ 2318$ . These multiplets are due to the  $4p-4d$  combinations. These multiplets are collected in table 3.

The terms based on  $^2D$  (*A IV*) can be expected to give prominent multiplets due to the  $4s-4p$  combinations. These groups are given in table 4. Further it is possible to check these  $4p$  terms by  $4p-4d$  combinations also given in table 4.

TABLE 4.

	$4p\ ^1D_3$	$4p\ ^3D_2$	$4p\ ^3D_1$	$4p\ ^3F_4$	$4p\ ^3F_3$	$4p\ ^3F_2$	$4p\ ^3P_2$	$4p\ ^3P_1$	$4p\ ^3P_0$
$D_3$	20 3480.55 28722.90	5 3511.69 28468.21		25 3336.13 29966.26	4 3352.11 29823.42	29676.16	9 2884.12 34662.48		
$D_2$	6 3472.61 28788.57	15 3503.58 28534.10	6 3502.70 28541.27		20 3344.72 29889.31	7 3361.28 29742.5	5 2878.72 34727.50	8 2855.29 35012.45	
$D_1$		5 3500.58 28558.56	12 3499.67 28565.98			15 3358.49 29766.76	1 2876.65 34752.49	6 2853.23 35037.73	7 2842.88 35165.28
$F_4$	12 2399.15 41668.63			8 2472.95 40425.31	4 2464.26 40567.86				
$F_3$	4 2410.34 41475.30	10 2395.63 41729.95		2 2484.87 40231.41	7 2476.10 40373.89	3 2467.10 40521.17			
$F_2$		3 2404.50 41575.51	6 2404.98 41567.73		2 2485.63 40219.11	6 2476.55 40366.56			
$G_5$				12 2423.52 41249.76					
$G_4$				4 2427.20 41187.22	10 2418.82 41329.90				
$G_3$					4 2421.81 41136.04	10 2413.20 41426.14			

<sup>1)</sup> DE BRUIN, HUMPHREYS and MEGGERS: Bur. of Stand. (in press).

TABLE 4. (Continued).

	$4p\ ^3D_3$	$4p\ ^3D_2$	$4p\ ^3D_1$	$4p\ ^3F_4$	$4p\ ^3F_3$	$4p\ ^3F_2$	$4p\ ^3P_2$	$4p\ ^3P_1$	$4p\ ^3P_0$
$4d\ ^3D_3$	12 2293.03 43596.95	4 2279.68 43852.24		9 2360.26 42355.24	5 2352.33 42498.02		10 2654.63 37658.84		
$4d\ ^3D_2$	5 2292.39 43609.12	10 2279.10 43863.39	3 2279.47 43856.27		7 2351.67 42509.95	3 2343.56 42657.22	4 2653.77 37671.04	8 2674.02 37385.78	
$4d\ ^3D_1$		5 2280.85 43829.74	7 2281.22 43822.63			5 2345.42 42623.21	1 2656.17 37637.01	4 2676.46 37351.70	6 2685.17 37224.17
$4d\ ^3P_2$	10 2168.26 46105.41	3 2156.38 46359.38					12 2488.86 40166.92	5 2506.69 39881.23	
$4d\ ^3P_1$		8 2148.73 46524.42	3 2149.07 46517.06				6 2478.79 40330.08	5 2496.40 40045.60	4 2504.17 39917.17
$4d\ ^3P_0$			6 2147.95 46541.31					6 2494.90 40069.68	
$4d\ ^3S_1$							6 2454.63 40727.01	6 2471.92 40442.16	3 2479.17 40314.17

In a recent publication V. KEUSSLER<sup>1)</sup> has made with a vacuum-spectrograph an investigation of the *A III* spectrum especially in the far ultraviolet. He detected a multiplet around  $\lambda 510\text{ \AA}$  and interprets it as a combination between the  $4s\ (^2D)\ ^3D$  term and the ground triplet. His  $^3D$  term is without doubt the same term as the term mentioned above. The most important multiplets of the  $4S\ (A\ IV)$  system are also found by V. KEUSSLER.

#### Termtable.

The terms from which arise the multiplets mentioned in this paper are collected in table 5. It has not been possible to assign accurate values to the terms, but it is nevertheless probable that the values adopted are not far from the true ones. It should be noticed that intercombinations not yet have been detected and that in the three systems the  $4s\ ^5S_2$ ,  $4s\ ^3S_1$  and  $4s\ ^3D_3$  are the adopted values on which the other terms are based.

In conclusion the writer wishes to express his appreciation to Professor P. ZEEMAN for his interest and helpful suggestions during this investigation.

<sup>1)</sup> V. KEUSSLER: Zs. f. Phys. 84, 42, 1933.

TABLE 5. Termtable *AIII*.

$^4S$				$^2D$		
$4s\ ^5S_2$	156340.00	$4s\ ^3S_1$	150448.00	$4s\ ^3D_3$	133286.00	
				$4s\ ^3D_2$	133351.89	65.89
$5s\ ^5S_2$	79999.73	$5s\ ^3S$	78551.12	$4s\ ^3D_1$	133376.60	24.71
$4p\ ^5P_3$	125915.21	$4p\ ^3P_2$	121975.18	$4p\ ^3D_3$	104563.21	
	148.13		24.78	$4p\ ^3D_2$	104817.87	254.66
$4p\ ^5P_2$	126063.34	$4p\ ^3P_1$	121999.96	$4p\ ^3D_1$	104810.62	-7.25
	85.71		-39.31			
$4p\ ^5P_1$	126149.05	$4p\ ^3P_0$	121960.65	$4p\ ^3F_4$	103319.74	
				$4p\ ^3F_3$	103462.58	142.84
				$4p\ ^3F_2$	103609.84	147.26
				$4p\ ^3P_2$	98624.00	
				$4p\ ^3P_1$	98339.51	-284.49
				$4p\ ^3P_0$	98211.32	-128.19
$4d\ ^5D_4$	84672.43	$4p\ ^3D_3$	78837.98	$4d\ ^3F_4$	62894.58	
	5.93		35.33	$4d\ ^3F_3$	63088.30	193.72
$4d\ ^5D_3$	84678.36	$4p\ ^3D_2$	78873.31			154.70
	2.85		-19.23	$4d\ ^3F_2$	63243.00	
$4d\ ^5D_2$	84681.21	$4p\ ^3D_1$	78854.08			
	4.03			$4d\ G_5$	62069.98	
$4d\ ^5D_1$	84685.24			$4d\ G_4$	62132.60	62.62
				$4d\ G_3$	62183.70	51.10
				$4d\ ^3D_3$	60965.00	
				$4d\ ^3D_2$	60953.00	-12.00
				$4d\ ^3D_1$	60987.00	34.00
				$4d\ ^3P_2$	58457.92	
				$4d\ ^3P_1$	58293.72	-164.20
				$4d\ ^3P_0$	58269.58	-24.14
				$4d\ ^3S_1$	57897.35	

Sept. 1933.

Laboratory "Physica" of the University of Amsterdam.



**Geology.** — *Versuch einer geotektonischen Analyse Südostasiens nach der Undationstheorie.* Von R. W. VAN BEMMELEN <sup>1)</sup>. (Communicated by Prof. G. A. F. MOLENGRAAFF).

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

*Allgemeine Betrachtungen :*

Die epigenetischen Undationen im Sinne STILLE's oder die primärtektonischen Oszillationen im Sinne HAARMANN's sind nach der Undationstheorie die Folge hydrostatischen Empordrückens salischer Differentiationsprodukte des salsimatischen (gabbroiden) Stammagmas.

Jeder Hebungsimpuls wird vom Einsinken der Nachbargebiete begleitet. Unter diesen sinkenden Regionen wird die Differentiation des Stammagmas infolge Druckentlastung und rascherer Abkühlung angeregt, wodurch die genannten Gebiete im Laufe der Zeit wieder hochgedrückt werden.

Aus diesem Prozess ergeben sich zwei wichtige Regeln, welche die epigenen oder primärtektonen auf- und abwärtigen Bewegungen bestimmen :

1. *Hebung wird begleitet von Senkung.*
2. *Auf Senkung folgt Hebung.*

Eine Folge dieser Regeln ist, dass die Undationen dazu neigen, sich wie Wellen von einem Störungszentrum aus zu verbreiten. Da jede undatorische Hebung einem neuen Störungszentrum entspricht, so erhält man schliesslich ein sehr kompliziertes Bild interferierender Wellenbewegungen gleicher und verschiedener Grössenordnung. Während vom kontinental-kern aus infolge dessen geoundatorischer Hebungen die geosynklinalen Zonen nach stets weiteren Bögen wandern, entwickeln sich aus den medianen Zonen dieser Geosynklinalen zwei Systeme von Mesoundationen: Das eine System besteht in einer rückläufigen (zentripetalen) Bewegung von Wellen, die dem Kontinent zu wandern, das andere in einer entgegengesetzt gerichteten (zentrifugalen), wobei die Wellen weiter nach dem umgebenden uralischen Gebiet hin wandern und darin schliesslich verlaufen (Fig. 1).

Ein bestimmtes Störungszentrum kann den Ausgangspunkt mehrerer Undationszyklen bilden.

Dies gilt sowohl für die geoundatorischen Impulse des Kontinentalkerns als auch für die mesoundatorischen Impulse. Wenn nämlich die Hebung der Medianzone im Jugendstadium bereits wieder zur Innensenke zurücksinkt, so führt dies zu erneuter Anregung der magmatischen Differen-

---

<sup>1)</sup> Herrn Dr. K. A. F. R. MUSPER. Bandoeng sei an dieser Stelle für seine Hilfe bei der Uebersetzung dieser und früherer Mitteilungen ins Deutsche mein Dank ausgesprochen.

tiation am Untergrund an dieser Stelle. Und daraus wird sich schliesslich, wo die Umstände dazu günstig sind, besonders wenn die Geosynklinale

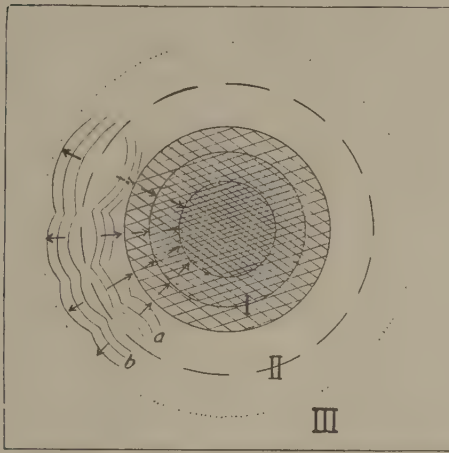


Fig. I

des vorigen Zyklus noch nicht völlig zur kratogenen Zone erstarrt ist, eine zweite Hebung entwickeln, die den Ausgangspunkt eines zweiten orogenetischen Zyklus bilden kann. Ein derartiger Prozess hat sich in Südostasien vorgespield, wo die Innensenke der herzynischen Geosynklinale in nach-triadischer Zeit die Bildung eines zweiten (alpinen) orogenetischen Zyklus veranlasst hat.

In der Entwicklung der salischen Kruste lassen sich auf Grund der Konzentration und Erstarrung salischer Differentiationsprodukte drei Stadien unterscheiden :

1. *Das diffuse Stadium.* In dem sich differenzierenden salsimatischen (gabbroid-basaltischen) Muttermagma haben sich einzelne Konzentrationszentren salischen Restmagmas gebildet.

2. *Das Asthenolitstadium.* Das salische Restmagma wird in geschmolzenen „Asthenoliten“ (BAILEY WILLIS 1929) angehäuft, die im weiteren Verlauf des Prozesses hydrostatisch emporgedrückt werden.

3. *Das Stadium von Metamorphismus und Vulkanismus.* Aus den Asthenoliten heraus finden Injektionen in die darüber liegende, ältere und bereits erstarrte salische Kruste statt, zugleich erfolgt Abkühlung, Kristallisation und Abgabe der flüchtigen Bestandteile.

Infolge fortschreitender Differentiation des Muttermagmas in Perioden wechselnder Aktivität nimmt auf diese Weise die salische Kruste im Laufe der geologischen Geschichte an Mächtigkeit und Ausdehnung zu.

Es bereitet Schwierigkeiten, einen derartigen komplizierten vierdimensionalen Prozess visuell darzustellen. Man müsste Serien paläo-orographischer Karten entwerfen mit Serien paralleler Profile, oder besser noch für

jeden Zeitabschnitt ein Blockdiagramm, worin drei Längendimensionen zu einem übersichtlichen Ganzen vereinigt sind. Films von Blockdiagrammen könnten schliesslich ein gutes Bild von der dynamischen Entwicklung der Erdkruste geben. Für ein weniger eingehend bekanntes Gebiet wie Südostasien stehen uns jedoch dazu noch lange nicht genügend Einzelheiten zur Verfügung, und im Rahmen dieser Mitteilung müssen wir uns mit einer Kartenskizze (Fig. 2) und einer Serie schematischer Profile (Fig. 3a und b) behelfen.

Die Profile geben übrigens nur den Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb grosser, teilweise Dutzende von Jahrmillionen während geologischer Perioden wieder. Hebung und Verflachung von Undationen können in einer viel kürzeren Zeitspanne vor sich gehen. Wenn darum in einem Profil eine undatorische Hebung angegeben ist, so besteht die Möglichkeit, dass diese zu Beginn oder am Ende der betreffenden Periode stattfand, die im Profil dargestellt wird; vorher oder später kann in dieser Periode also in dem betreffenden Gebiet auch noch Sedimentation geherrscht haben. Des weiteren brauchen, wenn in ein und demselben Profil mehrere Hebungen neben einander angegeben sind, diese weder synchron noch gleich stark zu sein. Wenn zwei Hebungen aus den Vortiefen zu beiden Seiten eines medianen Rückens entstanden, dann ist die Differentiation im Untergrund wohl zur selben Zeit angeregt worden, aber die Intensität der Anregung und die Geschwindigkeit des Differentiationsprozesses können verschieden sein. Zeitpunkt der hydrostatischen Aufpressung der angesammelten Differentiationsprodukte und Höhe der Hebungen können in solchem Falle stark abweichen. Unterschiede werden vor allem auftreten, wenn die eine Vortiefe zwischen dem medianen Rücken und dem kontinentalen Vorland, und die andere zwischen jenem Rücken und dem ozeanischen Gebiet gelegen ist. Sie sind auch von Einfluss auf die Füllung der Senkungsgebiete mit Sedimenten. Die Mesosynklinalen der rückläufigen Wellenbewegungen (Fig. 1, a) werden eher mit Sedimenten angefüllt werden als die radial in einem ozeanischen Gebiet fortlaufenden Bewegungen (Fig. 1, b). Letztere werden in ihrem orographischen Relief nahezu den vollen Betrag der primär-tektonischen Senkung erreichen, während erstere hinsichtlich der Reliefunterschiede infolge der Sedimentation weitgehend verflacht werden können. Ob ein Senkungsgebiet von Sedimenten angefüllt wird oder nicht, ist von keinem Einfluss auf seinen orogenetischen Charakter, denn in beiden Fällen wird die Differentiation des Magmas im Untergrunde schliesslich zu Hebung führen. Wohl aber ist dies von Bedeutung für den sekundär-tektonischen Effekt dieser Hebung, da im einen Fall eine mächtige Serie bewegungsbereiter Sedimente vorliegt, die im anderen Falle fehlen.

W. SCHMIDT weist in seinem Werk „Tektonik und Verformungslehre“ (Berlin 1930) darauf hin, dass das Arbeitsfeld des Aufnahmegeologen immer der Mikrokosmos bleibt. „Eine Verwerfung, eine Falte, mag sie auch bergegross sein, ein ganzes Gebirge ist eine Einzelercheinung und in



ihrer Ausgestaltung hatte der Zufall freieste Hand." „Über den Mikrokosmos hinaus entwickelt sich die Tektonik erst dort, wo sie zur Geotektonik wird, wo sie Mittel bildet aus der Erscheinung vieler Gebirge, vieler Falten, vieler Verwerfer."

Im Folgenden soll versucht werden, eine geotektonische Analyse Südostasiens zu geben mit Hilfe der Undationstheorie. Der Anspruch einer entgeltigen Lösung wird damit keineswegs erhoben. Der Versuch soll vielmehr nur zeigen, dass man so ein Entwicklungsbild erhalten kann, das den Tatsachen vielleicht eher gerecht wird als dasjenige, das auf den bestehenden grosszügigen Theorien von WEGENER, ARGAND, STAUB, u.a. gegründet ist.

### *Anwendung der Undationstheorie auf Südostasien.*

#### **Erläuterung zu der Karte (Fig. 2):**

Im Südosten von Tibet teilt sich das Altaidensystem von SUESS in zwei grosse Bündel. Das westliche davon lässt sich von Birma bis in den Südostteil des Indischen Archipels hinein verfolgen, während das östliche über Yunnan und Tonkin südostwärts verläuft und vielleicht in einem Teil der ostasiatischen Randbögen seine Fortsetzung findet. In Nordwest-Laos, wo die beiden Systeme sich von einander entfernen (divergieren), schiebt sich das Massiv von Südannam keilförmig zwischen sie ein.

Diese Gebirgsbündel sind aus Geosynklinalzonen entstanden. Die östliche geosynklinalzone liegt zwischen dem sinischen oder südchinesischen und dem Südannam-Massiv; die westliche Geosynklinalzone befindet sich im Norden zwischen dem indischen und dem Südannam-Massiv, südostwärts umbiegend kommt sie zwischen das urozeanische Gebiet der Indik und den Südannam-Kern zu liegen und in ihrem weiteren Verlauf nach Osten umbiegend wird sie wieder auf beiden Seiten von kontinentalen Zentren, Südannam und Australien, begrenzt. *Das Massiv von Südannam ist der Kern, um den der Südostteil Asiens gewachsen ist und konsolidiert wurde.*

Nach der silurodevonischen Sedimentationsperiode erfolgte in den zirkumannamitischen Geosynklinalen *die herzynische Gebirgsbildung*. Im Zusammenhang damit wurde aus der medianen Zone des östlichen Zweiges der Geosynklinalen das Kwang-si-Gebirge an das sinische Massiv festgeschmiedet und das Nordannam-Gebirge an das Südannam-Massiv. Aus der Medianzone des westlichen Zweiges entstand einerseits ein rückläufiger Undationszyklus, bei dem das herzynische Gebirge von Nordwest-Laos—Cambodja und vielleicht auch Nordwest-Borneo mit dem Südannam-Massiv verschweisst wurde, andererseits ein zentrifugaler Zyklus, der in den Indik verlief.

*Nach der herzynischen Orogenese ging von der medianen Zone der Geosynklinalen noch ein zweiter Undationszyklus aus.* Infolge dieser vorhergehenden Orogenese hatte die Geosynklinalen jedoch jetzt eine kompli-

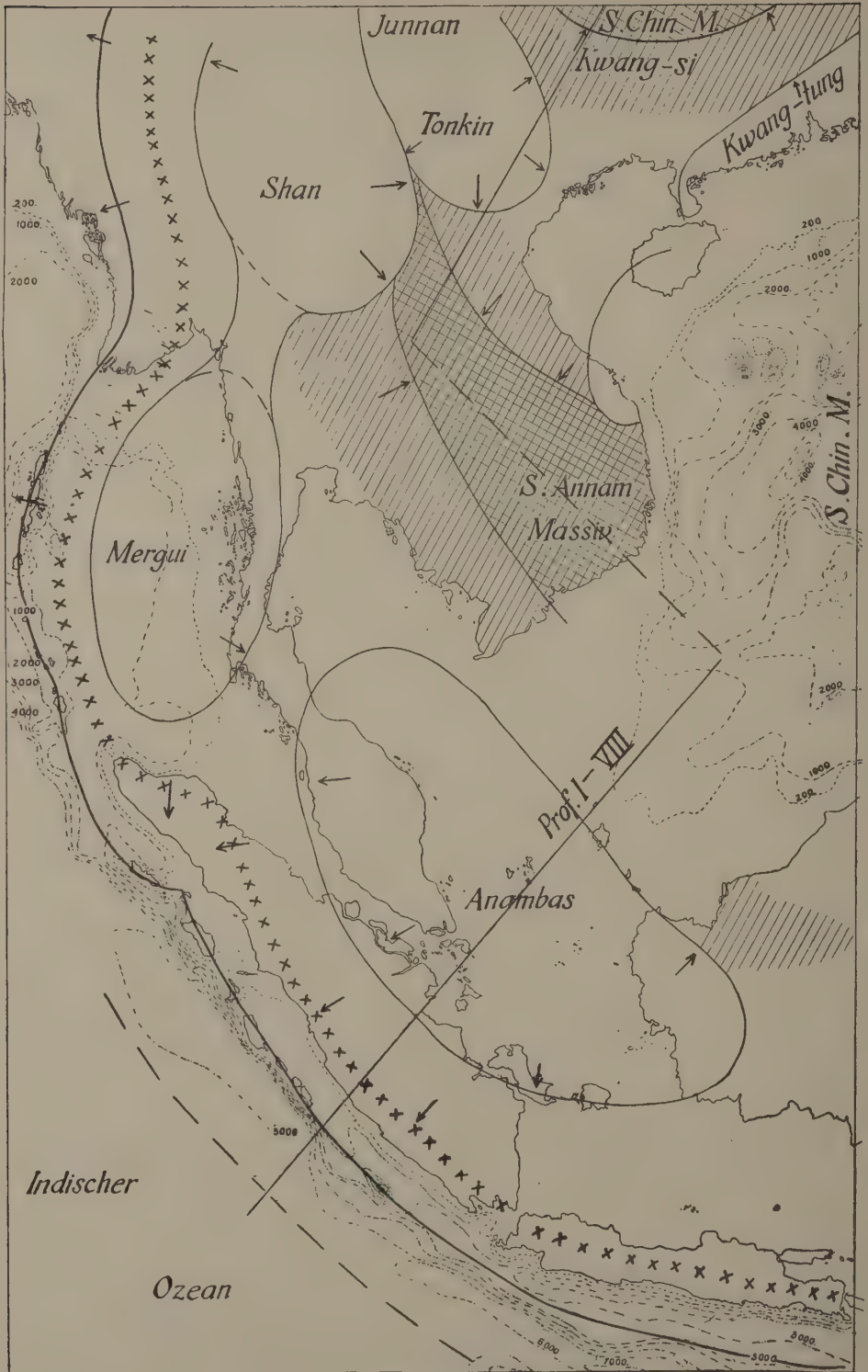


Fig. 2.

ziertere Form; sie besass keine durchlaufende Medianzone mehr, sondern war in eine Anzahl mehr oder weniger selbständigen Becken oder *Störungszentren* zerteilt. Es lassen sich unterscheiden die Zentren von Yunnan-Tonkin, Shan, Mergui, Anambas und das der Südchinesischen See. *Diese Zentren sind die Ausgangspunkte der alpinen Orogenese.* Da aber die zirkumannamitischen Geosynklinalen durch die herzynische Orogenese schon eine ziemlich dicke salische Kruste erhalten hatten, kam die Entwicklung der alpinen Undationszyklen im allgemeinen nicht über das Jugendstadium hinaus. Die Mehrzahl dieser alpinen Störungszentren ist bereits nach der posttriadischen Orogenese zu kratogenen Gebieten erstarrt. So fand beispielsweise in dem schmalen, zwischen Südannam und Südchina verlaufenden Ostarm der Geosynklinale in nachrhätischer Zeit keine Orogenese mehr statt. Diese beiden kontinentalen Kerne sind seitdem zu einem grösseren Kontinent zusammengeschweisst.

*Die zentrifugalen alpinen Undationszyklen des Shan-, Mergui- und Anambas-Zentrums dagegen konnten sich west- und südwestwärts ungehindert weiter entwickeln, weil nicht sogleich andere kontinentale Kerne im Wege standen.* Hier entstand eine Kettung jungmesozoischer und tertiärer Gebirgs- und Inselbögen, getrennt in vulkanische Innen- und nichtvulkanische Aussenbögen. Zu den letzteren gehören: Manipur-Arakan-Yoma, die Andamanen und Nikobaren, die Inselreihe Nias-Enggano und die südlich von Java vorkommende Meeresschwelle. Die vulkanischen Innenbögen lassen sich vom Pegugebirge im Irawadibecken (Popahill u.a.) über Narkondam, Barreninsel und Nordsumatra verfolgen bis nach der Bogen von Mittelsumatra-Südsumatra-Java.

#### Erläuterung zu den Profilen (Fig. 3 a und b):

Prof. I. Geosynklijalstadium der herzynischen Orogenese. Zwei kontinentale Kerne, die von Südchina und Südannam, sind zu unterscheiden. Geoundatorische Hebungen dieser Kerne verursachen die Einsenkung der umringenden Geosynklinalen, in denen silurische, devonische, und unterkarbonische Sedimente zum Absatz kommen. Im Untergrund, vor allem unter der tiefsten Stelle (der sog. mediane Zone) der Geosynklinale führt die angeregte magmatische Differentiation zur Anhäufung salischer Differentiationsprodukte.

Prof. II. Die herzynische Orogenese. Die salische Differentiationsprodukte häufen sich zu Asthenoliten an, die hydrostatisch emporgedrückt werden. Die Folge davon sind sekundär-tektogenetische Überschiebungen der geosynklinalen Sedimentserien, woran auch der unter dem Druck dieser Serien bildsam gewordene, ältere kristalline Untergrund teilnehmen kann.

In Nordannam fällt das Alter der Überschiebungen in das Dinantien. Es ist jedoch zu erwarten, dass bei einer eingehenderen Analyse der herzynischen Orogenese sich ergeben wird, dass dieses Gebirgssystem nicht aus einem Guss entstanden ist, sondern dass sich von der medianen Zone aus Undationszyklen entwickelt haben, die sich nach dem Vorlandrahmen



hinsbewegt haben, wie z.B. STILLE für das varistische System in Europa dargetan hat.

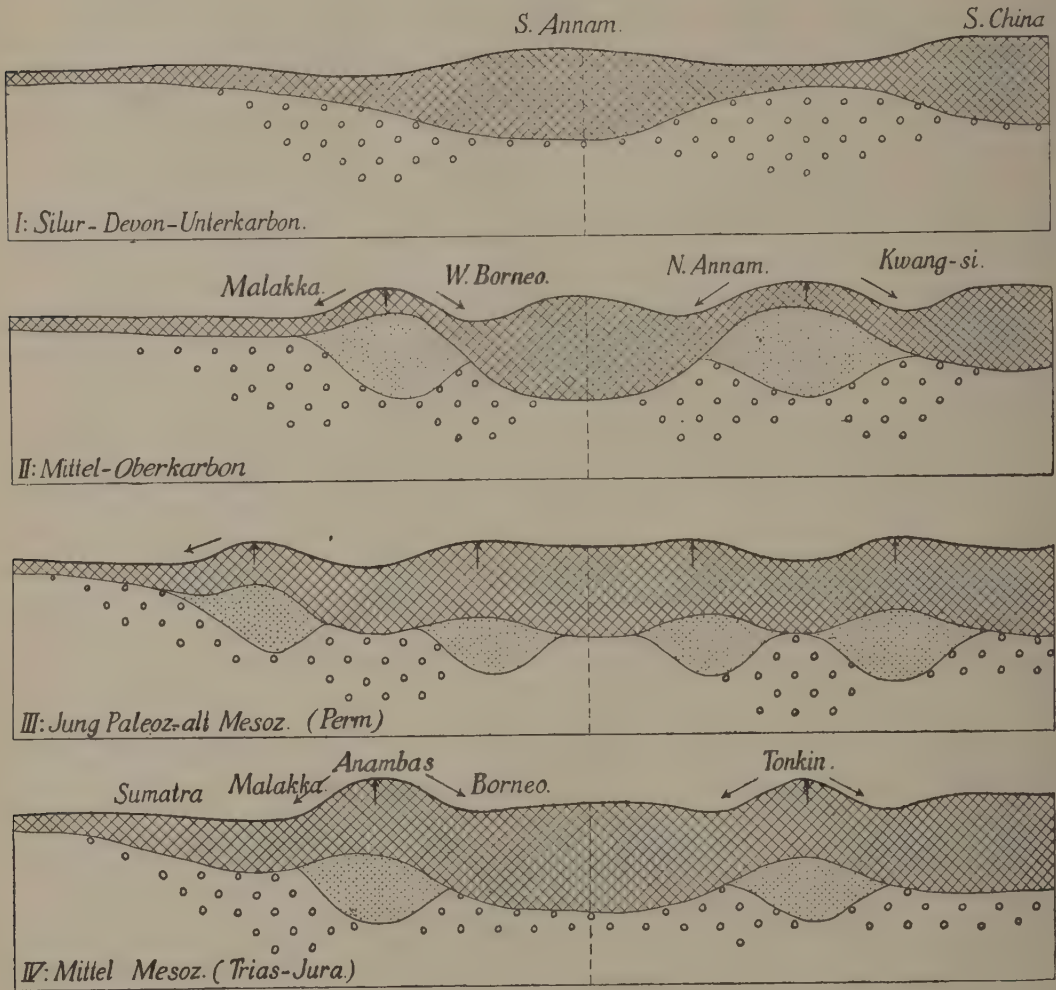


Fig. 3.A.

Die herzynischen Undationszyklen, die sich nach den kontinentalen Kernen von Südchina und Südannam zu bewegen, werden schliesslich in ihrer Weiterentwicklung dadurch gehemmt. Der zentrifugale Zyklus dagegen, der sich von der medianen Zone des westlichen Geosynklinalzweiges gegen den Indischen Ozean ausbreitet, kann sich ungehindert entwickeln und läuft sich allmählich infolge Verflachen des Impulses tot. In Profil III befindet sich die Hebung dieses zentrifugalen herzynischen Zyklus zur Permzeit ungefähr im Gebiet von Malakka. In den darauffolgenden Profilen ist von diesem Zyklus abgesehen. Anzunehmen ist, dass er sich nacheinander auch in den weiter aussen gelegenen Zonen von

Sumatra und Enggano geltend macht; es fehlt jedoch an Beobachtungen, um darauf näher einzugehen. Die genannten Zonen danken ihren endgültig-

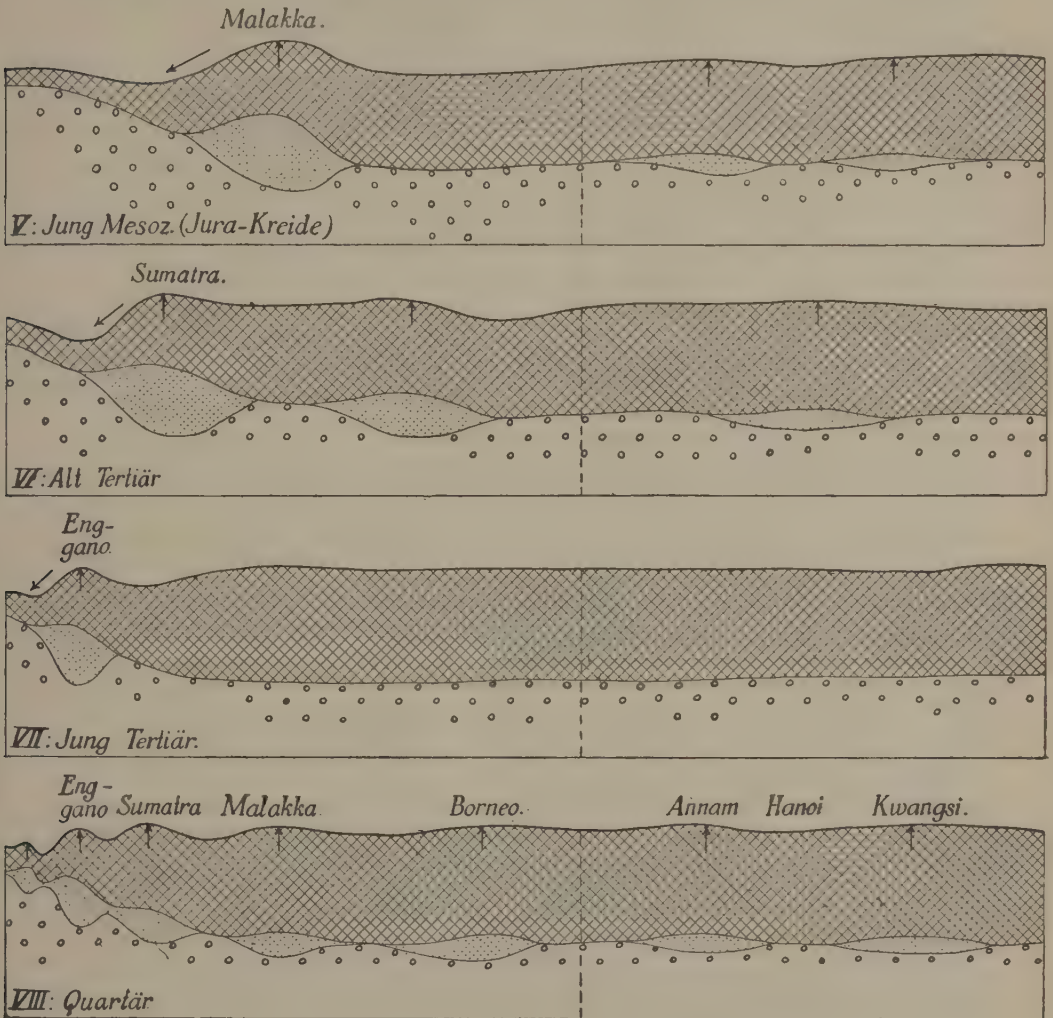


Fig. 3 B.

tigen orogenen Charakter freilich erst dem zweiten zentrifugalen Undationszyklus, der vom Anambaszentrum ausging.

Prof. III. Geosynkinalstadium der alpinen Orogenese. Durch die herzynische Orogenese ist das von ihr ergriffene Geosynkinalgebiet noch nicht völlig zum Kratogen erstarrt. Die Hebung der Randgebiete der herzynischen Geosynklinale verursacht ein Zurücksinken des medianen Zwischengebiets. Diesmal handelt es sich aber nicht um eine durchlaufende mediane Zone, sondern um eine Anzahl tiefer Einzelbecken (vergl. Fig. 2). In ihnen werden jungpaläozoische und triadische Sedimente abgesetzt. Da

diese Becken in Wirklichkeit der Innensenke der herzynische Gebirge entsprechen, deren Asthenolite in die Aussenkruste eindringen, ist es verständlich, dass die Sedimentserie vielfach Einlagerungen vulkanischen, und zwar sauren und intermediären, Materials enthält („Pahang-Eruptivserie“).

Prof. IV. Embryonalstadium der alpinen Orogenese. Nach Ablauf der Trias werden die zentralen Becken emporgedrückt und gleitet ihre Sedimentfüllung radial auseinander. Die kratogene Erstarrung dieser Becken, die ja zudem der herzynischen Orogenese unterworfen gewesen waren, hat sich durch diese nachtriadische Phase vollendet. Sie bilden nun eine neue kratogene Zone um den alten Südannam-Kern, der dadurch entgültig dem asiatischen Kontinent einverleibt ist. Die zentrifugalen Zyklen der Zentren von Shan, Mergui und Anambas besitzen dagegen noch freie Entwicklungsmöglichkeiten in westlicher, südwestlicher und südlicher Richtung.

Prof. V. Während der Asthenolit der Malakkazone nach der Bildung der posttriadischen Überschiebungen hochgedrückt wird, womit die Intrusion postorogenetischer Batholite zusammenhängt, sinkt die Sumatrazone ein und gelangt in ein Vortiefestadium. In dieser Vortiefe werden die jungmesozoischen Sedimente vom Charakter der Bündner Schiefer schliesslich zusammengeschoben und aus nordwestlicher Richtung von den „Djambidecken“ überschoben.

Das Verhalten Borneos ist noch nicht sehr deutlich. Möglicherweise sind die jüngeren orogenetischen Bewegungen hier die Folge des sich vom Anambaszentrum ostwärts fortpflanzenden Zyklus. Es erscheint auch nicht ausgeschlossen, dass geodynamische Bewegungen hier ein neues Störungszentrum geschaffen haben. Schliesslich könnte gedacht werden an Störungen mit Undationszyklen, die von der zirkumaustralischen Geosynklinale ausgegangen sind. Es ist wohl besser, eher man an eine Analyse Borneos mit Hilfe der Undationstheorie herangeht, die Ergebnisse der geologischen Aufnahme dieser Insel durch den Geologischen Dienst von Niederländisch-Indien in den letzten Jahren abzuwarten.

Prof. VI. Im jüngsten Mesozoicum und Alttertiär erfolgt das Aufsteigen des Asthenolits der Sumatrazone, begleitet von Batholitintrusionen. Die Nias-Enggano-Zone kommt jetzt in das Vortiefestadium.

Prof. VII. Im Jungtertiär findet bereits eine erste Hebung des Nias-Enggano-Asthenoliten statt und transgrediert das Meer wieder über die Sumatrazone (Aquitaniens). Zu gleicher Zeit entstand in Borneo vielleicht die kratogene Überdeckung mit den sog. „Plateausandsteine“. Die Vortiefe verschiebt sich noch weiter ozeanwärts (Javatrogzone).

In Südsumatra äussert sich noch ein intraneogener Hebungsimpuls. Eine genauere Analyse dieses Gebietes findet man in Lit. 1932 a, Fig. 13.

Prof. VIII. Der heutige Zustand wird hier angegeben. Der zentrifugale alpine Undationszyklus am Rande des asiatischen Kontinentes hat sich differenziert in den vulkanischen Innenbogen von Sumatra und den nichtvulkanischen Aussenbogen von Nias-Enggano. In der am weitesten aussen gelegenen Vortiefe ist bereits die erste Anlage einer neuen Hebung zu



spüren (Christmas-Insel-Rücke). Sie wird der künftige neue, nichtvulkanische Aussenbogen werden, während Nias-Enggano dann in das vulkanische Innenbogenstadium treten und Sumatra zur kratogenen Randzone erstarren wird.

*Bandoeng*, im Mai 1933.

#### EINSCHLÄGIGE LITERATUR.

- ARGAND, E., 1922: La tectonique de L'Asie. Congr. géol. intern, XIIIe session, prem. fasc., p. 171—372, 1922.
- BAILEY WILLIS, 1929: „Continental Genesis“ und „Metamorphic Orogeny“. Bull. geol. Soc. America, 40, 1929.
- BARBOUR, G. B., 1929: The structural evolution of eastern Asia. In: Gregory, J. W. „The structure of Asia“, London, 1929, S. 188—205.
- BEMMELEN, R. W. VAN, 1932a: De Undatietheorie (Hare afleiding en hare toepassing op het westelijk deel van den Soendaboog). (English Summary). *Natuurk. Tijdschrift v. Ned. Indië*, 92, 1, S. 85—242, 1932.
- 1932b: Nadere toelichting der Undatietheorie (English Summ.).
- BLONDEL, F., 1929: État de nos connaissances en 1929 sur la géologie de l'Indochine française. Bull. serv. géol. de l'Indochine, 18, 6, 1929.
- 1931: Les principaux traits de la structure géologique de l'Indochine française (d'après les explorations antérieures à 1931). *Ibidem*, 19, 1, 1931.
- BRUGGEN, G. TER, 1932: Oud-tertiär in phylitische facies in West Borneo. *De Mijn-ingenieur*, 13, 3, 1932.
- FROMAGET, J., 1929: Note préliminaire sur la stratigraphie des formations secondaires et sur l'âge des mouvements majeurs en Indochine. Bull. serv. géol. Indochine, 18, 5, 1929.
- GRABAU, A. W., 1924: Migration of geosynclines. Bull. geol. Soc. China, 3, 3/4, 1924.
- GREGORY, J. W., 1929: The structure of Asia. London, 1929. (Introduction, p. 1—34).
- HOBBS, W. H., 1925: The unstable middle section of the island arcs. Verbeekgedenboek. Verh. Geol. Mijnb. Gen., Geol. serie, 8, S. 219—262, 1925.
- HOFFET, J. H., 1933: Etude géologique sur le centre de l'Indochine entre Tourane et le Mékong (Annam central et Bas-Laos), Bull. d. Serv. géol. de l'Indochine, Hanoï, 20, 2, 1933.
- KOBER, L., 1928: Der Bau der Erde, Zweite Aufl., Berlin, 1928.
- KREKELER, F., 1932: Over een nieuw voorkomen van fossielhoudend Paleozoicum in Midden-West-Borneo. *De Mijn-ingenieur*, 13, 9, 1932.
- RUTTEN, L. M. R., 1927: Voordrachten over de Geologie van Nederlandsch-Indië, 1927.
- SCRIVENOR, J. B., 1931: The geology of Malaya, London, 1931.
- STAUB, R., 1928: Der Bewegungsmechanismus der Erde, Berlin, 1928.
- Suess, E.: La face de la terre, (trad. E. de Margerie), Paris, 1921, tome I, p. 592—608, tome III, 1re partie, p. 275—354.
- TIPPER, G. H., 1911: The geology of the Andaman Islands, with references to the Nicobars. *Mémoires of the geol. Survey of India*, 35, 4, p. 195, 1911.
- ZWIERZYCKI, J., 1929: Geotectonic map of the Netherlands East Indies. *Jaarb. Mijnw. Ned. Indië*, 1929, Verh.
- Geological map of India and adjacent countries, 5th edition, 1931, scale 1 inch = 32 miles. sheets 4 and 8.

**Geology.** — *Versuch einer geotektonischen Analyse Australiens und des Südwestpazifik nach der Undationstheorie.* Von R. W. VAN BEMMELEN<sup>1)</sup>. (Communicated by Prof. G. A. F. MOLENGRAAFF).

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

Wenn man die geotektonische Stellung des Malayischen Archipels verstehen will, muss man sich vor allem über den Gang der geologischen Entwicklung einerseits des angrenzenden Teils von Asien, andererseits des Australischen Kontinents mit dem Südwestpazifik im klaren sein. Dann erst wird man in dem äusserst komplizierten Bau des Malayischen Archipels das Ergebnis der Wechselwirkung zwischen den orogenetischen Impulsen, die vom asiatischen und australischen kontinentalen Zentrum ihren Ausgang genommen haben, erkennen können.

Das heutige Australien stellt einen ringsum von Brüchen begrenzten Horst dar. Aus dieser Tatsache erklärt sich die scheinbar regellose Anordnung der verschiedenen Strukturelemente hinsichtlich der heutigen Form des Kontinentes. Besonders im Westen und Süden scheinen ansehnliche Teile des Kontinentes in ozeanische Tiefen weggesunken zu sein. Offenbar kann man sich von der lückenlosen, theoretisch zu erwartenden Entwicklung, wie sie in Lit. 1933a, Fig. 1, skizziert wurde, auf Grund unmittelbarer Beobachtungen nur in dem nach Osten geöffneten Sektor von etwa 120° ein Bild machen. Trotzdem bietet Australien ein gutes Beispiel für einen wachsenden Kontinent, worauf übrigens schon KOBER (1921, 1928) aufmerksam gemacht hat.

Dieses Land besitzt im zentralen und westlichen Teil des heutigen australischen Horstes einen ausgedehnten präkambrischen Kern, um den sich im Laufe der geologischen Geschichte fortwährend jüngere orogene Ringe gelegt haben, die dem Kern angegliedert wurden. Im SO- und O-Teil des heutigen australischen Horstes kann man letztere noch erkennen, und zwar lassen sich unterscheiden:

ein devonisches Orogen (= A in Fig. 1) und  
ein permocarbonisches Orogen (= B in Fig. 1).

Desweiteren lässt sich nördlich Brisbane, im Burrum- und Styx-Kohlenfeld, eben noch nachweisen, dass die Kreide mit grossen Überschiebungen aus den zirkumaustralischen Geosynklinalgebiet zentripetal gegen die älteren herzynischen Ketten aufgefaltet worden sein muss:

Kretazisches Orogen (= C in Fig. 1).

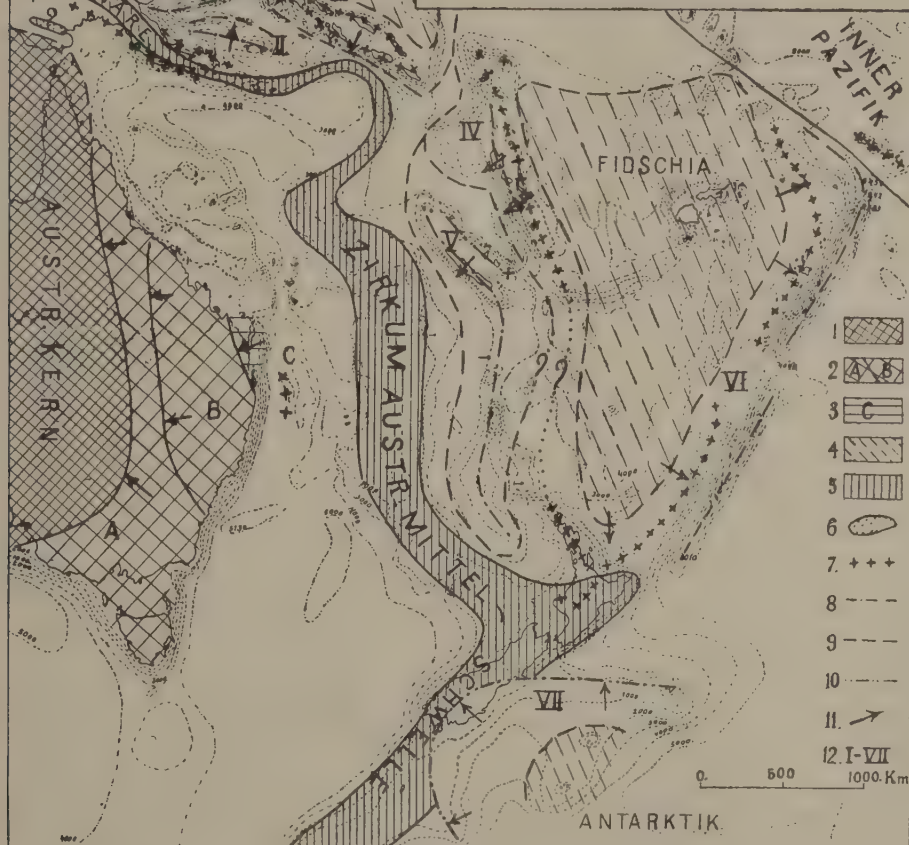
Dieses mesozoische Geosynklinalgebiet ist übrigens völlig ausserhalb

---

<sup>1)</sup> Übersetzung aus dem Niederländischen durch K. A. F. R. MUSPER.

# GEOTEKTONISCHE ANALYSE DES SÜDWEST-PAZIFIK NACH DER UNDATIONSTHEORIE

R.W.VAN BEMMELEN 1933.



ERKLÄRUNG ZU FIG. I.

1. Kratogener alter Kern von Australien.
2. Jungpaläozoisches Orogen: A = devonisch, B = permocarbonisch.
3. Mesozoisches Orogen: C = kretazisch.
4. Semikratogene Kerne. Ozeanische Ausgangszentren von Undationszyklen.
5. Mittelschwelle der tertiären zirkumaustralischen Geosynklinalen.
6. Mittelschwellen von Mesosynklinalen.
7. Vulkanische Inselbögen. (Pazifische oder andesitische Eruptiva).
8. Nichtvulkanische Inselbögen.
9. Vortiefen.
10. Antarktischer Undationsbogen mit atlantischem Vulkanismus.
11. Richtung, in der sich die Undationszyklen ausbreiten, und Richtung der Überschiebungen.
12. Systeme von Mesoundationen:
 

I. Bismarckarchipel.	V. Neukaledonien.
II. d'Entrecasteaux-Inseln.	VI. Tonga-Kermadec-Auckland.
III. Salomoninseln.	VII. Bountycastle.
IV. Neue Hebriden.	



des australischen Horstes gelegen. Es lässt sich über den Malayischen Archipel nach Neuguinea, Neukaledonien<sup>2)</sup> und Neuseeland verfolgen. In diesen Gebieten hat die kräftige kretazische Orogenese unzweifelhafte Spuren hinterlassen.

Im Eocän erfährt der australische Kern eine ausgesprochene geodynamische Aufwölbung, verbunden mit nachträglicher Einebnung (DAVID, 1932, S. 172). Erstere wird volumetrisch kompensiert durch Einsinken des umgebenden Geosynklinalgebiets, in dem sich gerade die kretazische Orogenese abgespielt hatte. Durch diese Senkung wird in der zirkumaustralischen Geosynklinale die magmatische Differentiation erneut angeregt, ein Vorgang der einen neuen (tertiären) orogenetischen Zyklus veranlasst. Dieser bildet gewissermassen eine Wiederholung des vorhergehenden Zyklus, der im Mesozoicum in demselben, zirkumaustralischen Geosynklinalgebiet stattgefunden hat. Auf die genannte Wiederanregung ist schliesslich die Entstehung einer deutlichen Mittelschwelle in der Medianzone der zirkumaustralischen Geosynklinale in neogener Zeit zurückzuführen. Der Vorgang entspricht fast völlig dem bei der Bildung der von mir kürzlich (Lit. 1933 b) behandelten Mittelatlantischen Schwelle.

Die *zirkumaustralische Mittelschwelle* lässt sich im heutigen Erdreliet noch klar erkennen. Im N gehört dazu das Zentralgebirge Neuguineas, das sog. Schneegebirge. Dieses ist etwa 2500 km lang und mit seinen bis über 5000 m hohen Gipfeln eine der ansehnlichsten Bergketten der Erde. Die Ostsüdostlich untertauchende Kette kann man zunächst weiterverfolgen bis in den, teilweise aus kristallinen Schieferen bestehenden, Louisiade-Archipel.

Als dann zeigt die mediane Achse eine Ausbuchtung nach ONO und verläuft über Pocklingtonriff, Ronnelinsel, Indispensableriff und Mellishriff nach den Chesterfieldinseln. Von hier erstreckt sich der mediane Rücken mit einigen hundert km Breite und fast 3000 km Länge über die Lord Howe-Inseln (Basalte) nach Neuseeland. Es muss auffallen, dass dieser Teil der Mittelschwelle relativ nicht niedriger ist als das Schneegebirge Neuguineas. Die Randzone des australischen Kontinents ist längs der Ostküste jedoch stellenweise bis über 5000 m abgesunken, was mit der Sahulplatte im Norden nicht (oder noch nicht?) geschehen ist.

In der südlichen Insel Neuseelands biegt die Mittelschwelle nach SW um und lässt sich von hier über die Aucklandinseln (Granite, Gabbro's und Effusiva) weiter verfolgen bis zu den Macquarie-Inseln (Basalte).

In Neuseeland scharen sich die orogenetischen Systeme die Australien, Fidschia und den Antarktischen Kontinent umgeben. Neuseeland bildet in dieser Hinsicht den Gegenpol des Malayischen Archipels an der Nordwestseite Australiens, wo das alpine, ostasiatische und zirkumaustralische System zusammentreffen.

<sup>2)</sup> In Neukaledonien sind die Überschiebungen teilweise posteocänen Alters. Diese Insel gehört wahrscheinlich nicht zum zirkumaustralischen kretazischen Orogen sondern ist ein, vom Fidschi-Zentrum ausgehenden Undationszyklus. Siehe Seite 747.

Neuseeland hat seine heutige Gestalt ganz jungneogenen Hebungen zu danken, die sich als unabhängig erweisen von den älteren, durch die jungmesozoische Orogenese verursachten Faltungsstrukturen. Infolgedessen wurden die Tertiärsedimente (Oamarysystem) grösstenteils nur gehoben und schiefgestellt, stellenweise aber doch auch noch ziemlich kräftig sekundärtektogenetisch gefaltet. Dabei haben von der Aufwölbung seewärts gerichtete Überkipnungen und Überschiebungen stattgefunden, wie z.B. JOBBERNS (1932) aus der Gegend von Kaikoura beschreibt.

Die NO-SW über die Nordinsel von Neuseeland verlaufende vulkanische Toupozone mit ihren explosiven Spalteneruptionen und vulkanotektonischen Senken entspricht in vieler Beziehung der durch Aufwölbung verursachten, medianen Zugspalte von Südsumatra, die von mir in Lit. 1932 a eingehend beschrieben wurde. Der Mt. Egmont nimmt eine Sonderstellung ein.

Von den Macquarie-Inseln an lässt sich die zirkumaustralische Mittelschwelle westwärts weiter verfolgen über eine unverkennbare mediane Aufwölbung des Ozeanbodens zwischen Australien und dem Antarktischen Festland bis zur Kerguelenschwelle, wo die orogenen Systeme zusammenlaufen, welche die beiden letztgenannten Festländer und Afrika umgeben.

Der O-W gerichtete, südliche Sektor der zirkumaustralischen Schwelle ist über Tasmanien durch einen N-S verlaufenden Querrücken mit Australien verbunden. Diesen kann man mit den Querrücken vergleichen, welche die mittelatlantische Schwelle mit den Kontinenten verbinden, die den Atlantik begrenzen, z.B. dem Walfischrücken.

In der Kerguelenschwelle biegt die zirkumaustralische Schwelle in eine nördliche Richtung um (St. Paul, Neu-Amsterdam). Zwischen den weit auseinander gelegenen kratogenen Kernen von Australien und Indien ist die geosynklinale Mittelschwelle dann weniger deutlich entwickelt. Ausserdem fehlen hier über weite Strecken Tiefseelotungen. Angedeutet ist sie jedoch in den Keeling- oder Kokos- und Christmas-Inseln.

In der Gegend der letzteren scharen sich aber bereits die von Südostasien ausstrahlenden Undationszyklen, die früher besprochen wurden (Lit. 1933 a). Das heutige orogeographische Bild im Ostindischen Archipel wird völlig beherrscht von der jüngeren, tertiären Orogenese. Dabei sind die tertiären Undationszyklen von NW in das jungmesozoische zirkumaustralische Orogen eingedrungen. Die Spuren des kretazischen zirkumaustralischen Orogens findet man in Loh-Oeloh auf Java, auf Celebes, in den Molukken und auch in Neuguinea zurück.

Zwischen dem kratogenen australischen Kern und dem urozeanischen innerpazifischen Gebiet lassen sich zwei semikratogene Kerne unterscheiden, die selbständige Ausgangszentren für Undationszyklen darstellen, Melanesia und Fidschia.

*Melanesia* ist ein semikratogenes, d.h. noch nicht völlig konsolidiertes Gebiet im Norden von Neuguinea, das zwar schon mehrere Differentiationszyklen durchlaufen hat, wobei jedoch erst eine ziemlich dünne salische Kruste entstanden ist und die Differentiation des Stammagmas noch nicht

bis in sehr grosse Tiefen angeregt wurde. Der Südrand Melanesias ist noch aufgeschlossen in den kristallinen Schiefern des Zyklop- und Bougainvillegebirges an der Nordküste Neuguineas. Im übrigen ist dieses Gebiet durch geoundatorische Bewegungen bis rund 4000 m unter den Seespiegel abgesunken. Aus diesen Tiefen erheben sich schroff u.a. die Koralleninseln der Karolinen und Mapia.

Der Fidschi-Archipel bildet den Kern des semikratogenen Gebiets, das als *Fidschia* bezeichnet werden kann. Es kommen hier Granite, Tonalite und Diorite vor, neben kristallinen Schiefern und Quarziten. Auf diesen Gesteinen ruht discordant die miocäne „Alte Andesitformation“. Die sauren Tiefengesteine beweisen, dass hier wohl schon ältere Differentiationszyklen eine salische Kruste geschaffen haben, aber diese besitzt wahrscheinlich noch nicht die Dicke, dass man hier von einem kratogen erstarrten Gebiet sprechen könnte. Wie bei Melanesia handelt es sich allem nach um ein selbständiges orogenetisches Zentrum im Pazifik, von dem bereits mehrere Undationszyklen ausgegangen sind.

Im Norden verläuft die zirkumaustralische Geosynklinale zwischen Australien und Melanesia, im Osten zwischen Australien und Fidschia. Zwischen Melanesia und Fidschia grenzt sie an der pazifischen Seite jedoch nicht an ein kratogenes oder semikratogenes Gebiet. Gerade an dieser Stelle befindet sich die dem Innerpazifik zu gerichtete Ausbuchtung der geosynklinalen Mittelschwelle in der Gegend der Ronnelinseln. Analog ist die Ausbuchtung im Gebiet der Nordinsel Neuseelands, die sich zwischen Fidschia und ein antarktisches Störungszentrum einschiebt.

Auffallenderweise haben sich an *der Innenseite des beschriebenen medianen Rückens* der zirkumaustralischen Geosynklinale keine oder nur unbedeutende Mesoundationen entwickelt. Eine schwache Andeutung einer mesoundatorischer Schwelle bildet die „Crête riveraine“ von FEUILLETAU DE BRUYN in der randständigen Papua-Mesosynklinale. Auch die Tasmantidenvulkane, etwa 100 Meilen östlich von Brisbane (vgl. DAVID, 1932, Fig. 5, S. 15) gehören hierher. Sie können mit den vulkanischen Inseln längs des Atlantikrandes verglichen werden (Kanarische Inseln u.a., vgl. Lit. 1933 b). Wie im Atlantik ist offenbar auch hier die Kruste an der Innenseite der zirkumaustralischen Schwelle schon in hohem Grade kratogen erstarrt. Tatsächlich gehört dann dieses Gebiet auch bereits zum australischen Kontinentalkern und ist augenscheinlich nur noch zu geoundatorischen Bewegungen und so gut wie nicht mehr zu einer zyklischen Entwicklung von Mesoundationen fähig.

Ein ganz anderes geotektonisches Bild gewährt hingegen der Teil der zirkumaustralischen Geosynklinale, der an *die dem Pazifik zugekehrte Aussenseite der Mittelschwelle* grenzt. Dieses Gebiet ist erst wenig oder noch nicht kratogen erstarrt und es haben sich darin mehrere Zyklen von Mesoundationen entwickeln können. Diese Zyklen gehen teils von den Pazifischen Störungszentren Melanesia und Fidschia, teils von einem antarktischen Zentrum (Bounty-Inseln) aus. Es lassen sich unterscheiden :



- |     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| I   | Das System des Bismarckarchipels ; |
| II  | „ „ der d'Entrecasteaux-Inseln ;   |
| III | „ „ „ Salomoninseln ;              |
| IV  | „ „ „ Neuen Hebriden ;             |
| V   | „ „ von Neukaledonien ;            |
| VI  | „ „ „ Tonga-Kermadec-Auckland ;    |
| VII | „ „ des Bountyzentrums.            |

I—III liegen in dem Geosynklinalgebiet zwischen der Mittelschwelle und Melanesia, IV—VI sind vom Störungszentrum des Fidschiarchipels ausgehende Zyklen, und VII ist ein zum zirkumantarktischen Geosynklinalgebiet gehörender Zyklus.

Im folgenden sollen die charakteristischen Züge dieser Systeme kurz geschildert werden (Siehe fig. 1).

I. *Das System des Bismarckarchipels.* Der Südrand Melanesias streicht schon an der Nordküste Neuguineas zu Tage (kristalline Schiefer des Zyklop- und Bougainvillegebirges). Zwischen ihm und der geosynklinalen Mittelschwelle hat sich eine ziemlich enge Mesosynklinale gebildet, in der sich die Undationen nicht frei entwickeln konnten. Wir beobachten hier nur eine einfache mesoundatorische Mittelschwelle, des Torricelli-gebirge, das die Fortsetzung des „Nördlichen Wasserscheidegebirges“ (van Rees- und Gauttiergebirge) ist. Während sich im W, wo der Rand des Kerns von Melanesia nach Norden umbiegt, das Halmaheirasystem entwickeln konnte, kann es im O, wo das Geosynklinalgebiet infolge des Zurückweichens des melanesischen Kerns wieder verbreitert, zur Entstehung des Bismarcksystems. Dessen vulkanischer Innenbogen verläuft von den Admiralitätsinseln über Neu-Irland und die Innenseite von Neupommern nach der an der Nordküste Neuguineas gelegenen Reihe tätiger Vulkane (Dampier, Manam, Bam), die bei Tumleo gegenüber Berlinhafen an der Finschküste endigt. Der nicht vulkanische Aussenbogen ist deutlich nur entwickelt im zentripetalen, Australien zugewandten Teil des Systems, nämlich im Finisterregebirge und in der konvexen Aussen-seite von Neupommern, die aus kristallinen Schiefen besteht. In Neupommern verschmilzt jedoch der Aussenbogen bereits mit dem Innenbogen, und in dem zentrifugalen von Australien abgewandten Teil des Systems beobachten wir nur noch einen einfachen Vulkanbogen (Neu-Irland und Admiralitätsinseln)<sup>3)</sup>.

Die Vortiefe des Bismarcksystems verläuft über die Senken längs des Ramu- und des Markhamflusses und den Huongolf nach den tiefen, vor Neupommern gelegenen Trog.

## II. *Das System der d'Entrecasteaux-Inseln.* An der Stelle wo das

<sup>3)</sup> Weil in einem urozeanischen Gebiet und den äussersten Randzonen der Kontinente die ältere salische Kruste und auch die Sedimentüberdeckung noch dünn sind und die Anregung der Differentiation des Stammagmas oberflächlich erfolgt, besitzen die mesoundatorischen Zyklen in solchen Gebieten so gut wie keinen nichtvulkanischen Aussenbogen. Schon bei der ersten undatorischen Hebung vermag das Magma bis zur Oberfläche durchzudringen und einen äusseren Vulkanismus zu veranlassen. Dies ist ein charakteristisches Merkmal der Undationen in urozeanischen Gebieten.

Schneegebirge Neuguineas in SO- bis OSO-Richtung wegtaucht, erheben sich im SW und NO zwei Vulkanreihen jungtertiären bis quartären Alters. Die südwestliche Reihe scheint die ältere zu sein, hat sich aber offenbar nicht zu einem mesoundatorischen Zyklus weiterentwickeln können. Die nordöstliche dagegen trägt noch tätige Vulkane (Mt. Victory) und setzt sich in die d'Entrecasteaux-Inseln fort, die aus alten Schiefern und Graniten, sowie tertiären Andesiten bestehen. Im Norden dieses vulkanischen Innenbogens liegt der nichtvulkanische Aussenbogen der Tobriand- und Albatros (oder Woodlark) -Inseln, die sich aus Schiefern, Graniten, Gabbros und Noriten mit gehobenen Korallenriffen zusammensetzen. Nördlich davon befindet sich eine Vortiefe von über 5000 m.

III. *Das System der Salomoninseln.* Dieses System zeigt schon völlig das pazifische Merkmal des Fehlens eines nichtvulkanischen Aussenbogens infolge der Abwesenheit einer mächtigen vorgefalteten salischen Kruste (Vgl. Fussnote <sup>3</sup>).

Der Vulkanbogen beginnt mit den St. Mathias-Inseln im Norden der Admiralitätsinseln und verläuft von da ost-südöstlich, parallel zum Nordsektor des Bismarcksystems, über die Tabar- und Tanga-Inseln nach Buka und Bougainville. Hier teilt sich die Vulkanzone in zwei parallele vulkanische Inselbögen, um nach ihrer Wiedervereinigung in Bauro (San Christobal) zu endigen. Unter den jüngeren Vulkanbauten treten stellenweise Granulite, Diorite, Gabbros, Diabase, Serpentine und Saussuritgesteine zutage, die auf ältere orogenetische Zyklen hindeuten. Diese scheinen freilich eine salische Kruste von beträchtlicher Dicke noch nicht gebildet zu haben, denn ein nichtvulkanischer Aussenbogen fehlt.

An der Nordseite der Salomongruppe liegt ein Gebiet mit Untiefen und Riffen (Tasmaninseln u.a.), das vielleicht als östlicher Ausläufer des melanesischen Störungszentrums angesehen werden darf, von dem aus sich der Undationszyklus der Salomoninseln entwickelt hat. Im Süden dieses Systems befindet sich eine Vortiefe, die vor Bougainville —9140 m erreicht. Bei Neupommern vereinigt sich diese Vortiefe mit der des Bismarcksystems.

Wir sehen also, wie in dem zwischen Melanesia und der zirkumaustralischen Mittelschwelle gelegenen Geosynklinalgebiet drei Systeme von Mesoundationen auf einander zudrängen, nämlich von NW her das Bismarcksystem, von S das d'Entrecasteaux-System und von NO das Salomonssystem.

IV. *Das System der Neuen Hebriden.* Dieser Zyklus breitet sich vom Fidschizentrum nach dem australischen Vorland aus. Der Vulkanbogen erstreckt sich von der Wilsongruppe und den Santa Cruz-Inseln südsüdostwärts über die Neuen Hebriden bis zu den Matthewinseln mit dem Huntervulkan. Seine Gesamtlänge beträgt etwa 1500 km. Zwischen der Salomongruppe und den Neuen Hebridenystem liegt ein Meeresarm von über 5000 m Tiefe und rund 300 km Breite.

Die Reihe der Neuen Hebriden lässt sich scheiden in einen Aussenbogen, der über Santo und Efate verläuft, mit noch nicht lange erloschenem Vulkanismus und einen tätigen vulkanischen Innenbogen (Banksinseln Ambryn, Lopevi, Tanna). Im ersteren findet sich nach MAWSON nach SW überschobenes Untermiocän, bestehend aus Andesitagglomeraten, Tuffen und Kalken („Alte Andesitformation“), das discordant überdeckt wird von (?obermiocänen) Andesitagglomeraten, Globigerinentuffen und dem sog. Efatespecksteintuff. Der letztgenannte, charakteristische Horizont ist

auch aus dem Fidschi-Archipel bekannt. Das System der Neuen Hebriden besitzt vor allem in seinem südlichen Teil eine ausgesprochene Vortiefe, die gegenüber Tanna —7570 m. erreicht.

V. *Das System von Neukaledonien.* Hier hat man es wahrscheinlich mit einem älteren, zentripetalen, vom Fidschizentrum ausgehenden Zyklus zu tun. Tätiger Vulkanismus scheint zu fehlen. Zwei parallele Bogen können unterscheiden werden, der von Neukaledonien und die Loyauté-Inseln. Nach CHAMBEYRON kommen auf der zu letzterer Reihe gehörenden Insel Mare vulkanische Gesteine vor, sodass diese Reihe also in der Tat den Charakter eines vulkanischen Innenbogens besitzt. Der nicht-vulkanische Aussenbogen Neukaledoniens zeigt eine nach SW gerichteten Überschiebungstektonik, woran auch noch Eocän teilnimmt.

Der neukaledonische Rücken setzt sich über die Norfolkinseln südwärts fort bis in die Bucht von Auckland und erreicht damit fast 2500 km Länge. Er läuft parallel zur zirkumaustralischen Mittelschwelle, von der er durch Seetiefen von über 3000 m getrennt ist. Darum kann er nicht als die Fortsetzung des Schneegebirges von Neuguinea bzw. als die von Neuseeland gelten, wie SUESS und mit ihm VON WOLFF angenommen haben.

VI. *Das System von Tonga-Kermadec-Auckland.* Dieses entspricht einem zentrifugal vom Fidschizentrum ausgehenden Undationszyklus, der sich in seinem nördlichen Teil dem Innerpazifik zu ausbreitet. Wie bereits hervorgehoben (Fussnote <sup>3</sup>), haben derartige, in ozeanischen Gebieten verlaufende Undationszyklen keine oder nur schwach entwickelte nicht-vulkanische Aussenbögen.

So fehlt auch diesem System ein nichtvulkanischer Aussenbogen fast völlig. Doch bemerkt VON WOLFF (1929, S. 276) in Anlehnung an MARSHALL (1911, S. 23): „Der Tongabogen setzt sich aus drei konzentrischen Zonen zusammen, die westliche ist vulkanisch, die mittlere besteht aus Tuffen, die östliche aus gehobenen Korallenriffen.“

Mit ziemlich grossen Unterbrechungen ist der Tonga-Vulkanbogen zu verfolgen über den Kermadecbogen<sup>4</sup>) bis in die Vulkane von Auckland.

Eine Fortsetzung von Auckland in den Rücken von Neukaledonien, wie SUESS meinte, ist weniger wahrscheinlich, da zwischen Auckland und Norfolk ein Seebecken von über 4000 m Tiefe vorhanden ist. Eher könnte man an eine Fortsetzung der Vulkanzone von Auckland in die des Systems der Neuen Hebriden denken, das geotektonisch wie erstere am Rande des Fidschizentrums gelegen ist.

Die Vortiefe des Tonga-Kermadec-Rückens ist sehr tief und erreicht —9413 m.

VII. *Das Bountyzentrum.* Auf der Südinsel Neuseelands kommt junger, jedoch bereits erloschener Vulkanismus vor in der Bankhalbinsel und in Otago. Beide Eruptionszentren gehören zur antarktischen Natronmagmaprovinz. Wahrscheinlich handelt es sich hier um die Scharung mit einem antarktischen Undationszyklus, dessen Zentrum die Bounty-Inseln (Biotitgranit) und die Antipoden-Inseln (Basalt) darstellen. Der Undationsbogen verläuft über die Chathaminseln (metamorphe Schiefer und Basalte) und die Bankhalbinsel und Otago (beide mit atlantischen Eruptivgesteinen) nach den Campbellinseln (ebenfalls aus atlantischen Eruptivgesteine bestehend).

<sup>4</sup>) Hier fanden sich Rollblöcke von Hornblendegranit (MARSHALL, 1911, S. 30).



*Das innerpazifische Gebiet* zeigt keine Spuren älterer kontinentaler Umstände mehr. Es setzt sich ausschliesslich aus vulkanischen Gesteinen vielfach atlantischen Charakters zusammen. Sein Zentrum bilden die Gesellschaftsinseln. Auf Tahiti kommen noch einige alkalische und basische Tiefengesteine vor (Nephelinsyenit, Essexit, Gabbro, Foyaït). Der Nordostrand des Innerpazifik wird vom Hawaiibogen, der Südwestrand vom Samoabogen gebildet, der nach WEBER ausser Basalten auch viel ausgesprochene Alkaligesteine besitzt.

### *Zusammenfassung.*

Australien und der südwestliche Teil des Pazifik bieten ein gutes Beispiel für das Werden der Kontinente nach dem in der Undationstheorie entworfenen Schema. Man kann deutlich erkennen, wie die Kruste salischer Differentiationsprodukte und Sedimente im Laufe der geologischen Geschichte sich ausgebreitet hat.

Im Westen befindet sich der alte Kern, der bereits im ältesten Paläozoicum zu einem kratogenen Gebiet versteift war und seitdem nur noch zu geoundatorischen Oszillationen imstande ist. Von ihm aus sind die orogenen Ringe in stets weiteren Bögen in der Richtung nach dem pazifischen Urozean gewandert, während die Sedimente durch rückläufige, zentripetale Undationszyklen (von der medianen Zone der aufeinander folgenden Geosynklinalen ausgehend) gegen den Kern aufgefaltet und als neue kratogene Zonen daran festgeschmiedet wurden<sup>5)</sup>. So können eine devonische, eine permocarbonische und eine kretazische orogene Zone unterscheiden werden. Im Tertiär wurde sodann das zentrale Gebiet durch einen geoundatorischen Hebungsimpuls zum Horst emporgehoben, ein Vorgang der ein Einsinken und infolgedessen ein Wiederaufleben der umgebenden Geosynklinale zur Folge hatte. Aus der Medianzone dieser tertiären Geosynklinale wurde die jungtertiäre zirkumaustralische Mittelschwelle hochgedrückt. An der dem Kern zugewandten Innenseite derselben ist die Kruste offenbar schon durch die kretazischen und älteren Orogenesen derart kratogen erstarrt, dass sich darin beinahe keine mesoundatorischen Zyklen entwickeln konnten. Dieses Gebiet ist mit dem Atlantischen Ozean zu vergleichen. Der an der Aussenseite der Mittelschwelle gelegene Teil der tertiären Geosynklinale dagegen besitzt noch einen ausgesprochenen orogenen Charakter, und es haben sich darin mehrere Zyklen von Mesoundationen entwickelt. Diese Zyklen gehen teilweise von zwei selbständigen, semikratogenen Störungszentren aus, Melanesia und Fidschia genannt, wo die Differentiation des Stammagmas erst zu einer dünnen salischen Kruste geführt hat. Letztere Gebiete bilden den Übergang zu dem urozeanischen Gebiet des Innerpazifik, wo es nur zu einer oberflächlichen Differentiation des Stammagmas gekommen ist und eine salische Kruste noch fast völlig fehlt.

<sup>5)</sup> Siehe Lit. 1933 a, Fig. 1.

*Der Grad kratogener Versteifung nimmt also vom australischen Kern gegen den Innerpazifik stufenweise ab, wogegen die potentielle orogene-tische Kraft in dieser Richtung Schritt für Schritt zunimmt.*

Bandoeng, im August 1933.

#### ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN.

- BEMMELEN, R. W. VAN, 1932a: De Undatiethorie (with English Summary) *Natuurk. Tijdschrift v. Ned. Indië*, **92**, 1, 1932.
- 1932b: Nadere toelichting der Undatiethorie (with English Summary). *Ibidem*, **92**, 2, 1932.
- 1933a: Versuch einer geotektonischen Analyse Südasiens nach der Undationstheorie. *Proceedings Kon. Ak. van Wetensch.* **36**, Sept. 1933.
- 1933b: Die Undationstheorie und ihre Anwendung auf die mittelatlantische Schwelle. *Zeitschrift der Deutschen Geol. Ges.*, **85**, 6, 1933.
- 1933c: The Undationtheory on the development of the earth's crust. *Proceed. XVIth Intern. Geol. Congress, Washington, D.C.*, Juli 1933.
- DAVID, T. W. E., 1932: Explanatory notes to accompany a new geological map of the commonwealth of Australia. Sydney, 1932.
- JOBBERNS, G., 1932: The Puhi-Puhi valley and the seaward Kaikoura Mountains. *The New Zealand Journal of Science and Technology*, June, 1932, p. 341—352.
- KOBER, L., 1928: *Der Bau der Erde*. Berlin 1928 (zweite Aufl.) S. 293—297.
- MARSHALL, P., 1911a: *New Zealand. Handbuch der Reg. Geol.*, **7**, 1, Heft 5.
- 1911b: *Oceania. Handbuch der Reg. Geol.*, **7**, 2, Heft 9.
- SAPPER, K., 1927: *Vulkankunde*. Stuttgart, 1927.
- SUESS, ED.: *La face de la terre*. (Trad. E. DE MARGERIE, Paris, 1921.)
- WOLFF, F. VON, 1929: *Der Vulkanismus*. Bd. II, Teil 1, Kap. IV: „Der Pazifische Rand Australiens.“ S. 257—304.

---

**Botany.** — *A Quantitative Analysis of the Geotropical Curvature in Dicotyledons*. By M. J. DIJKMAN. (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT.)

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

In 1930 a paper appeared by DOLK (1), entitled „Geotropie en Groeistof“. In this paper he published the results of his ingenious investigations concerning the distribution of growth-substance in horizontally placed coleoptiles of *Avena sativa* in connection with the geotropical curvature. DOLK (1) showed that under the influence of gravity the lower half of the coleoptile obtains more growth-substance than the upper half. He also pointed out that there was no geo-growth-reaction, (which he proved by growth-measurements) in plants placed on a clinostat with horizontal axis. On the basis of these data he came to an explanation of the geotropical

curvature, which should be the result of the unequal growth between the two sides of the coleoptile, due to the unequal distribution of one of the factors (growth-substance) who dominate the growth-process.

In connection with this it may be asked whether the distribution of growth-substance could be influenced by gravity in dicotyledons and whether (supposing this distribution is influenced in the same way as in the coleoptiles of oat seedlings) it would be possible to explain the geotropical curvature quantitatively by the difference in the amount of growth-substance between the upper- and lower side.

As experimental plants were chosen etiolated seedlings of two pure lines of *Lupinus*, *Lupinus albus* and *Lupinus angustifolius*<sup>1)</sup>, of which the hypocotyls were used for the geotropical experiments.

Before a description of the experiments, it seems necessary however to give some particulars concerning the distribution of growth-substance in the seedling, for, according to experiments of DU BUY and NUERNBERGK (2), VAN OVERBEEK (3) and UILDERT (4) the distribution of growth-substance differs greatly in different plants and nothing is as yet known on this subject for *Lupinus*. The seedlings were grown in saw dust in one of the dark rooms of the laboratory, where humidity and temperature are kept constant.

In order to know something about the growth of *Lupinus*, experiments were carried out in the way described by DU BUY and NUERNBERGK (2). To the 3 cm. long hypocotyls of 3 days old seedlings, tin-foil marks were attached about 1 cm. apart. By following the position of these marks during 6 days it proved that in *Lupinus albus* nearly the entire hypocotyl is growing.

When decapitated, *Lupinus* hypocotyls keep on growing for hours at the same rate.

As very little is known about the growth-substance in plants of this type, (BEYER (5), FLIRY (6)). I examined the occurrence of growth-substance in the hypocotyl. Cylinders of 7 mm. length were cut from the hypocotyls of seedlings of 3, 4 and 6 days old. During one hour these cylinders were put on blocks of pure agar measuring  $2 \times 2 \times 0,9$  mm. in vapour-saturated glass-dishes. Subsequently the cylinders were removed and the agarblocks analysed in the usual way, (see F. W. WENT (7), H. G. v. D. WEY (8)).

Table I shows that the hypocotyls contain a considerable amount of growth-substance, which explains the prolonged growth of the decapitated hypocotyls.

Now it had to be examined if there is any centre of production of the growth-substance. The next point to settle was whether and where this centre is localised.

In regard to the facts given by v. OVERBEEK (3) for *Rhaphanus sativus*

---

<sup>1)</sup> On account of space, only the data obtained with *L. albus* are given here, but it might be stated that similar results are obtained with *L. angustifolius*.



TABLE I.

Quantities of growth-substance<sup>1)</sup> from cylinders of 7 mm. length, cut from the hypocotyls, at a distance of 1½ cm. from the cotyledons. The cylinders were taken from the hypocotyls of seedlings 3, 4 and 6 days old. Time of extraction: 1 hour. Mean value for 48 cylinders.

Age of seedlings	Mean length of the hypocotyls	Quantity of growth-substance extracted from the cylinders
3 days	1.5 cm.	9° ± 0.4
4 days	3.0 cm.	8° ± 0.4
6 days	7.5 cm.	9° ± 0.3

and *Lepidium sativum*, where the cotyledons were the main production centres of auxin, the *Lupinus*-cotyledons were examined. A number of cotyledons were isolated and brought in contact with blocks of pure agar, care being taken to prevent drying out. After one hour, the blocks were analysed on oat seedlings. Only in a few cases a hardly measurable curvature could be detected as is shown in Table II.

To determine whether there really was no growth-substance in the cotyledons, or if for any reason the auxin could not diffuse into the agar block I used the concentration-method of KÖGL and HAAGEN-SMIT (9). As one can find a full description in their paper, I only need to mention the prin-

TABLE II.

Comparison between the quantities of growth-substance extracted from the cotyledons, cylinders of the hypocotyls and plumulae of 6 days old seedlings of *Lupinus albus*, (all values were obtained in one experiment). Extraction with blocks of agar. Time of extraction: 1 hour. Mean value for 48 objects.

Quantity of growth-substance extracted from: cotyledons . . . . .	0.4°
Cylinders of hypocotyls . . . . .	7.0° ± 0.4
Plumulae . . . . .	10.0° ± 0.3

cipal points: 400—600 cotyledons of 3-day old seedlings were put on wet sand, after 6 hours the water in which the auxin had diffused was sucked off through a filter and the water was shaken with peroxide-free ether. After this procedure the water was removed the growth-substance being dissolved in the ether. Then the ether is evaporated and the growth-substance remains, in highly concentrated condition. This concentrate is diluted by addition of an aqueous solution of KCL and acetic-acid. In this way the

<sup>1)</sup> The quantity of growth-substance is expressed in degrees of curvature of a coleoptile of *Avena*, on which the block of agar (containing growth-substance) is placed asymmetrically.

cotyledons furnished an amount of growth-substance corresponding to  $0.8^{\circ}$  per hour per agarblock.

A short time ago, a paper by BOYSEN-JENSEN (10) appeared, in which he described a new method to extract growth-substance out of plant organs, when the two methods described above, do not yield any auxin. BOYSEN-JENSEN (10) used dextrose-agar. When for instance root-tips were placed on blocks of this agar, he could show the blocks to contain auxin. Therefore it was of interest to determine whether by this method an appreciable amount of growth-substance could be obtained from the cotyledons. This, however, proved not to be the case, so that we must suppose that the cotyledons of *Lupinus* are not the production-centres of the growth-substance. The nearest explanation is the supposition: growth-substance is made out of nutritious substances in the places where it is needed, i.e.: the hypocotyls and plumulae. This supposition becomes more probable when we consider the fact that the transport of the growth-substance, both in the plumulae and the hypocotyl, is from the top to the bottom, see Table III.

TABLE III.

Quantities of growth-substance transported through cylinders of hypocotyls and of the stem of the plumulae of *Lupinus albus* in normal- and inversed position. The length of the cylinders was 7 mm. Age of seedlings 9 days, Time of transportation: 3 hours. Concentration of the growth-substance  $100^{\circ}$ .

Cylinders of hypocotyls		Cylinders of the stem of the plumulae	
upright	inverse	upright	inverse
$17.8^{\circ}$	$0.5^{\circ}$	$14.0^{\circ}$	$0.0^{\circ}$

In spite of growth-substance going only from the top to the bottom, it is found in the plumulae of 6 days old seedlings and in the developed leaves of 10 days old plants, compare Table IV.

TABLE IV.

Quantities of growth-substance extracted from the plumulae of 6 days old seedlings and from the developed leaves of 10 days old plants of *Lupinus albus*.

Quantity of growth-substance extracted from plumulae, time of extraction: 1 hour. Mean of 48 plumulae . . . . .	$10.0^{\circ} \pm 0.5$
Quantity of auxin extracted from leaves, time of extraction: 2 hours. Mean of 12 leaves . . . . .	$12.0^{\circ} \pm 0.4$

Moreover VAN OVERBEEK (3) showed for *Rhaphanus sativus* that the formation of growth-substance coincides with assimilation. This factor can not operate in the dark, however.

*Experiments concerning the influence of gravity on the distribution of growth-substance in the horizontally placed hypocotyl.*

To study the influence of gravity on the distribution of growth-substance in hypocotyls, cylinders cut from 6 days old seedlings were used. From each hypocotyl only one cylinder of 7 mm. <sup>1)</sup> was cut at a distance of about 1½ cm. from the cotyledons. Six of these cylinders were placed on a safety-razor blade, so that the edge entered about 1½ mm. into the cylinders. In this way the attachment was solid enough, so that never a cylinder dropped from the blade during the experiments.

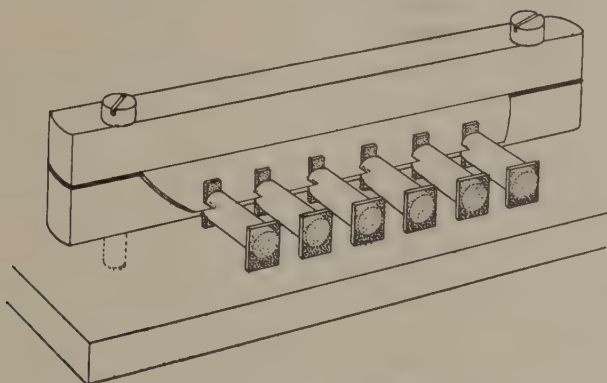


Fig. 1. Cylinders of hypocotyls of *Lupinus albus* during the experiment, in horizontal position, on the razor blade. At the top (front in figure) the big blocks of agar containing  $\alpha$ -auxin. At the basis the two separate blocks of pure agar.

On the top of the cylinders were placed blocks of agar, containing  $\alpha$ -auxin, kindly furnished by Prof. KÖGL and Dr. HAAGEN-SMIT. To the basis of the cylinders two pure agarblocks were attached, one to the upper- and one to the lowerhalf, (Fig. I). The whole arrangement was placed, in a horizontal position, in a tin-box in a vapour-saturated atmosphere, in order that the blocks of agar and the cylinders should not dry out. After 4 hours the amount of growth-substance diffused into the basal-blocks was analysed in the usual way, care being taken that in these experiments the growth of the cylinders was inhibited. This was done by keeping them as dry as possible, so that the original amounts of growth-substance found in the upper- and in the lowerhalf were not decreased by metabolism.

The results indicated that in fact the lowerhalves of the cylinders contain more growth-substance than the upperhalves.

Table V. and Fig. II. show the *quantitative* amounts of growth-substance in the upper- and lowerhalves of the horizontal cylinder; in normal position the quantity of growth-substance is equal on both sides.

<sup>1)</sup> These experiments also were carried out with cylinders of 16 mm. length; the results were the same as those obtained with the 7 mm. cylinders.



TABLE V.

Quantitative amount of growth-substance extracted from both halves of cylinders of hypocotyls of *Lupinus albus* in horizontal position and from cylinders in upright position. Extraction during the horizontal exposure during 4 hours. Concentration of the auxin: 100°.

Horizontal position		Upright position	
upperhalf	lowerhalf	one half	other half
35.4%	64.6%	49.5%	50.5%

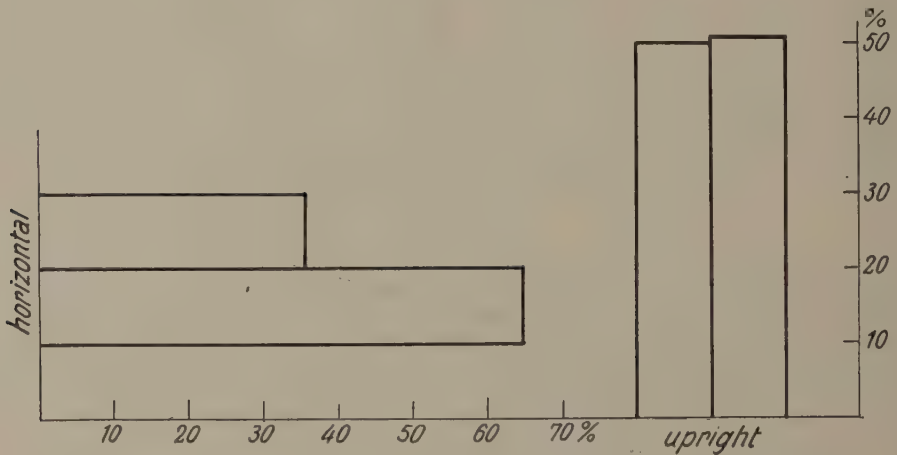


Fig. 2. Diagram showing on its left side the amounts of growth-substance extracted from the upper- and lowerhalf of the hypocotyl-cylinders in horizontal position (mean of 300 plants), and on its right side the amounts extracted from both sides of the hypocotyl-cylinders in upright position.

The figures given above show that the lowerhalf receives 29 % more (from the total amount) auxin than the upperhalf.

*Gravity causes a change in the distribution of auxin in the hypocotyls of Lupinus albus, like in Avena coleoptiles, as shown by DOLK (1) and, just as for Avena coleoptiles, the presence of the top is not necessary for the unequal distribution of the growth-substance in the hypocotyls of Lupinus albus.*

As stated before the hypocotyls contain growth-substance; therefore it was interesting to know whether the same results could be obtained by transport experiments in which no  $\alpha$ -auxin was applied. A number of hypocotyl-cylinders of 4 days old seedlings were treated in the same way as in the experiments described above, without using the top-agarblock with  $\alpha$ -auxin. In this manner the distribution of the growth-substance present in the hypocotyl was measured.



Supposing the concentration of the growth-substance increases gradually from the upper- to the lower side, as is represented in Fig. by the line  $FG$ . Then we may assume that the concentration in the upper block of agar will correspond with that on the level  $U$  and the concentration in the lower one will correspond with that on the level  $L$ , the distance between these levels and  $EH$  being  $pE = \frac{4}{10}AE$  and  $p'E = \frac{4}{10}ED$ . We must know, therefore, the difference in length between the lines  $U$  and  $L$ . This difference has been calculated in the following way, see Fig. IV. In this Fig. the curved part of the hypocotyl is shown schematically.

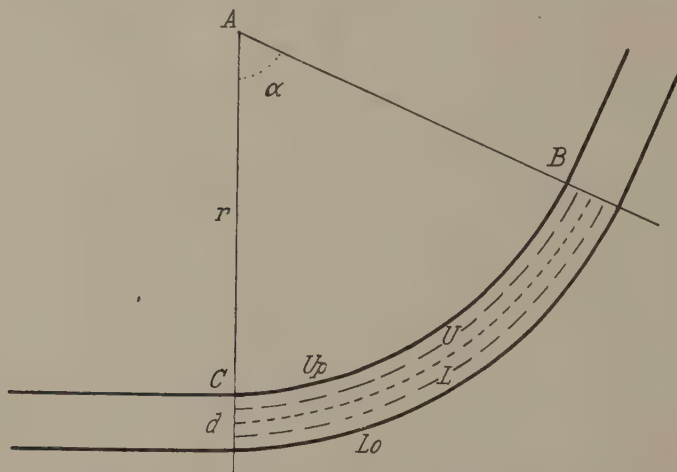


Fig. 4. Scheme of a geotropically curved hypocotyl. Description in text.

$U_p$ . is the upper- an  $L_o$ . the lower side of the hypocotyl;  $d$ . is the diameter,  $\alpha$  is the amount of the curvature which the hypocotyl shows after having been in a horizontal position for 4 hours;  $r$ . is the radius of the circle segment  $ABC$ .

The length of  $U_p$ . is  $\frac{2\pi r \alpha}{360}$ .

and that of  $L_o$ . is  $\frac{2\pi(r+d) \alpha}{360}$ .

The difference in length between these two is therefore  $\frac{2\pi d \alpha}{360}$ , but as we must know the difference at the level of  $U$  and  $L$ , which are situated at  $\frac{4}{10}r$  from  $E$ , this expression changes into  $\frac{\pi \frac{8}{10} d \alpha}{360}$ .

The data necessary for the calculation of the difference in length between the upper- and lower side of the curved hypocotyl are:

1. the angle  $\alpha$ .
2. the diameter  $d$ . of the hypocotyls.

Sub. 1. To determine the angle  $\alpha$ , a number of hypocotyls were treated



in the following way; the top with the cotyledons and the roots were cut off, after which the hypocotyls were placed in glass-tubes filled with water, and placed in a horizontal position during 4 hours. In this way the experiments were made under the same conditions as the transport-experiments, where isolated cylinders of the hypocotyls were used. After 4 hours shadowgraphs were made of the curvatures by pinning the hypocotyls on sensitive paper. That the hypocotyls were not in the least influenced by this operation is shown in Table VII, where the curvatures of intact plants and those of isolated ones, caused by an exposure in a horizontal position are compared, and in Table VIII where the growth in the normal position of intact hypocotyls is compared with that of isolated ones.

TABLE VII.

Comparison between the curvatures of intact plants and those of isolated hypocotyls of *Lupinus albus*, caused by an exposure in a horizontal position. Time of exposure: 4 hours.

Intact plants	Isolated hypocotyls
$59.0^{\circ} \pm 4.0$	$48.3^{\circ} \pm 3.0$

TABLE VIII.

Comparison between the growth in normal position of intact plants with that of isolated hypocotyls.

Intact plants	Isolated hypocotyls
$0.48 \text{ mm.} \pm 0.2 \text{ per hour}$	$0.49 \text{ mm.} \pm 0.5 \text{ per hour}$

The average angle, measured at 250 hypocotyls, proved to be  $45.6^{\circ}$  per 4 hours.

Sub. 2. The same shadowgraphs from which the curvatures were measured, were also used for the determination of the diameter of the hypocotyls. By means of a transparent celluloid ruler, upon which an accurate millimeterscale was drawn, laid across the middle of the curved part of the silhouets of the hypocotyls, the diameter could be read directly. The average of 250 determinations was 3.8 mm.

By putting these data into the formula  $\frac{\pi^8/10 da}{360}$ , we are able to calculate the difference in increase of length between the upper- and lower side of the hypocotyl. This proved to be 1.21 mm. per 4 hours.

The growth of hypocotyls in normal position was measured with a cathetometer. The hypocotyls were treated in the same way as in the curving experiments. The growth was measured each hour, during 4 or 5 hours, or after 4 hours, in the same way as indicated by VAN OVERBEEK (3), only the tin-foil marks were attached to the side of the hypocotyls, instead

of the back, because the hypocotyls were not transparent enough to allow the marks to be seen through them. The average from the measurements was 2.35 mm. per 4 hours.

When there is no geo-growth-reaction, as (DOLK (1) and CHOLODNY (11)) showed, then the geotropical curvature must be the result of the difference in growth between the upper- and lowerhalf, due to the unequal distribution of growth-substance. We know the difference in length between the two halves of the curved hypocotyl, and the difference in the amount of auxin between these two. Supposing this idea to be right the fraction  $\frac{1.21}{29}$  must be equal to the fraction  $\frac{2.35}{50}$  (where the denominator 50 stands for the procentual division of the growth-substance in the hypocotyl in normal position, which is supposed to be equal on all sides). In calculating, we find 0.041 and 0.047.

These two figures are practically alike, *which proves that the geotropical curvature may be explained quantitatively by the difference in the amount of growth-substance between the upper- and lowerhalf of the horizontally placed hypocotyls.*

Contrary to the phototropical curvature, this curvature being the result of a. the unequal distribution of growth-substance and b. the different sensitivity of the cells to growth-substance on the illuminated side and on the shaded side as shown by VAN OVERBEEK (3); the geotropical curvature is caused exclusively by the unequal distribution of the growth-substance.

*This proves therefore that the CHOLODNY-WENT-theory completely explains geotropism in Dicotyledons.*

It also agrees with the results of DOLK (1) and CHOLODNY (11): there is no geo-growth-reaction, because the growth in normal position is equal to that in horizontal position.

A more detailed report will be published later on.

#### LITERATURE CITED.

1. DOLK, H. E.: Dissertation, Utrecht, 1930.
2. DU BUY, H. G. and NUERNBERGK, E.: *Ergebnisse der Biologie*, Vol. 9, 1, 1932, p. 358.
3. VAN OVERBEEK, J.: *Rec. trav. bot. néerl.* 30 (1933), p. 537.
4. UILDERT, I.: Dissertation, Utrecht, 1931.
5. BEYER, AD.: *Biol. Zbl.* 45, 683, 746. Leipzig, 1925.
6. FLIRY, M.: *Jl. Bot.* 77, 150. Leipzig, 1932.
7. WENT, F. W.: *Rec. trav. bot. néerl.* 25 (1928), p. 1.
8. VAN DER WEY, H. G.: *Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam*, Vol. XXXIV, N<sup>o</sup>. 6, 1931.
9. KÖGL, F. and HAAGEN SMIT, A. J.: *Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam*, Vol. XXXIV, N<sup>o</sup>. 10, 1931.
10. BOYSEN JENSEN, P.: *Planta*, B. 19, H. 2.
11. CHOLODNY, N.: *Planta (Berl.)* 7, 702, 1929.

*Botanical Laboratory.*

*Utrecht, September 1933.*

**Botany.** — *On the occurrence of growth substance in marine algae.* By  
H. G. VAN DER WEIJ. (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT.)

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

As yet the occurrence of growth substance has been stated in many organs of mono- and dicotyledons, and in most of these cases its role as a substance necessary for the extension of the cell could be proved. But researches on growth substance in algae have not yet been carried out. Just because these organisms have a simpler structure than the higher plants, such experiments seem to me of particular interest for the whole problem: growth substance (auxin).

In this paper I will give a short account of the researches I made on this subject at the Naples Zoological Station. I disposed there of the material necessary for the analysis of growth substance (cultures of oat seedlings and so on) and of a definite auxin product<sup>1</sup>). Analysis of growth substance could be verified with a solution of this product.

At first I tried to extract growth substance from tips of the thallus of several green, red and brown algae by placing them on slices of sea water containing agar agar<sup>2</sup>); in the same way F. W. WENT extracted for the first time growth substance from coleoptile tips of *Avena*. Notwithstanding these investigations were varied in nearly every respect, only negative results could be obtained.

Secondly I tested the sap, *pressed* from several kinds of algae. Therefore slices of agar agar were put into the sap for some time, and the degree of growth substance of this agar agar was measured in the usual way. No growth substance could be detected.

In the same way the cell sap of *Valonia utricularis* and of *Valonia macrophysa* was tested with the same result. This sap could be gained by opening specimens of these algae with a lancet.

It was possible, that the degree of growth substance of these saps was too low to be detected by direct analysis in the way mentioned above. Therefore I gathered about 100 cc of such sap and transmitted the growth substance of these 100 cc sap into  $\frac{1}{2}$  or 1 cc of water, among others by means of an extraction with peroxyd free aether.

I did not even succeed in this way in showing the occurrence of growth substance in the saps, *pressed* from algae.

---

<sup>1</sup>) I have to thank Prof. Dr. F. KOEGL and Dr. A. J. HAAGEN SMIT for this auxin product.

<sup>2</sup>) The salt concentration of the sea water does not influence the curvatures of the oat seedlings, caused by the growth substance.



But in the cell sap, gathered from young specimens of *Valonia macrophysa* (young! consequently probably in a relative rapid state of growth!) a concentration of growth substance was stated in three experiments varying from 0.100 to 0.175°, corresponding with 0.00012 to 0.00021 mg auxin per liter.

Beside the cell walls of the same material were extracted with peroxyd free aether. *The cell wall of Valonia macrophysa (including the adhering protoplasm layer) appeared to contain nearly the same quantity of growth substance as the cell sap, the concentration of growth substance in the wall being at least 20 times higher than in the sap.*

It appeared impossible to get a satisfying growth of marine algae in raw culture; and as the time I was able to stay at Naples did not allow for isolating algae in pure culture, I did not succeed in influencing their growth with auxin.

I hope to give a more detailed description of these investigations in the "Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli".

Botanical Laboratory.

Utrecht, August 1933.

**Botany.** — *Über Wuchsstoff bei Elaeagnus angustifolius.* Von H. G. VAN DER WEIJ. (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT.)

(Communicated at the meeting of September 30, 1933).

Es wurden bisjetzt noch keine Versuche vorgenommen um Wuchsstoff in holzigen Gewächsen aufzufinden. Neben den Untersuchungen über Wuchsstoff bei Meeresalgen (VAN DER WEIJ, 1933) habe ich während meines Aufenthalts an der zoologischen Station zu Neapel u. A. vorläufig versucht, Wuchsstoff aus jungen Trieben eines sprossenden Exemplares von *Elaeagnus angustifolius* zu extrahieren. Das geschah in der von F. W. WENT (1928) eingeführten Weise dadurch, dass ich in einer feuchten Kammer junge Organe mit ihrer Basis auf ein Agarplättchen hinstellte. Nach ein paar Stunden wurden die Pflanzenorgane entfernt, und das Plättchen wurde mit den mir in Neapel zur Verfügung stehenden Versuchsbedingungen auf dessen Wuchsstoffgehalt untersucht.

#### Versuch 1.

- a. 4 zweiblättrige Stücke eines jungen Stengeltriebes standen während 5 Stunden auf einem  $6 \times 8 \times 0.9$  mm grossen Agarplättchen. Bei der Wuchsstoffanalyse dieses Plättchens traten *Grenzwinkel* auf.
- b. 7 Vegetationsspitzen (die oberen 3 bis 4 mm eines jungen Triebes) standen während 5 Stunden auf einem Agarplättchen. Das Plättchen enthielt dann noch *keine nachweisbare Wuchsstoffmenge*.

## Versuch 2.

- a. 2 zweiblättrige Stengelstücke befanden sich während 2 Stunden auf einem Agarplättchen. Das Plättchen hatte dann einen *Wuchsstoffgehalt von 8°*.
- b. 4 einblättrige Stengelstücke standen während 2 Stunden *invers* auf einem Agarplättchen. Es enthielt dann noch *keine nachweisbare Wuchsstoffmenge*.

## Versuch 3.

- a. 2 einblättrige Stengelstücke standen während 3 Stunden auf einem Agarplättchen.
- b. 4 einblättrige Stengelstücke standen 3 Stunden lang *invers* auf einem Agarplättchen.

Es ergaben sich die folgenden Wuchsstoffanalysen:

- a. 2 Blätter 3 Std. *normal* auf Agar. Krümmung:  $4.6 \pm 0.7^\circ$ .
- b. 4 Blätter 3 Std. *invers* auf Agar. „ :  $0.3 \pm 0.8^\circ$ .
- 5° starke Standardlösung von Auxin.<sup>1)</sup> „ :  $6.4 \pm 0.7^\circ$ .

Die Ergebnisse dieser drei Versuche sind folgenderweise zusammenzufassen:

1. Auf Agar befindliche junge Blätter von *Elaeagnus angustifolius* geben daran nachweisbare Wuchsstoffmengen ab (Vers. 1a, 2a, 3a), Vegetationsspitzen dagegen nicht (Vers. 1b).
2. Der von den jungen Blättern gebildete Wuchsstoff wird im Stengel nur in basaler Richtung transportiert (Vers. 2 und 3).

Es ist damit natürlich noch nicht bewiesen, dass der in den Blättern gebildete Wuchsstoff für das Längenwachstum des darunter befindlichen Stengelteiles benutzt wird. Allein es ist wohl kaum was anderes zu erwarten, und es findet F. W. WENT's „Ohne Wuchsstoff kein Wachstum“ in seiner Allgemeinheit sicher eine Stütze in diesen Befunden.

## LITERATUR.

- VAN DER WEIJ, H. G., 1933. On the occurrence of growth substance in marine algae. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, 36, S. 759.  
 WENT, F. W., 1928. Wuchsstoff und Wachstum. Rec. d. Trav. bot. néerl. 25, S. 1.

<sup>1)</sup> Diese Lösung, welche mir vom Herrn Prof. Dr. F. KOEGL und Herrn Dr. A. J. HAAGEN SMIT lebenswürdigerweise überlassen wurde, hatte eine Konzentration von 0.006 m.g Auxin im Liter.

